DOTTORATO DI RICERCA

SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE TROPICALI E SUBTROPICALI

XXIV CICLO

Sede amministrativa: Università degli Studi di Catania

DAVIDE CAMILLIERI

INFLUENZA DEI FATTORI "FORZA" E "FREQUENZA" NELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BIOMECCANICO DEGLI ARTI SUPERIORI IN AGRICOLTURA

Tesi per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca

TUTOR:

CHIAR.MO PROF. GIAMPAOLO SCHILLACI

COORDINATORE:

CHIAR.MO PROF. SALVATORE LUCIANO COSENTINO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

DIPARTIMENTO GESA – SEZIONE MECCANICA

DICEMBRE 2011

INDICE

CAPITOLO I

INTRODUZIONE

Nel corso degli anni, in Italia come negli altri Paesi industrializzati, il numero di infortuni sul lavoro ha avuto un andamento decrescente grazie alle più recenti normative, che obbligano aziende e lavoratori a rispettare determinati vincoli (Testo Unico sicurezza sul lavoro, Direttiva macchine), ma anche alla crescente attenzione e consapevolezza nei confronti dei temi relativi alla sicurezza.

I dati statistici più recenti, pur se incoraggianti, non devono però distogliere l'attenzione dal problema sicurezza, specialmente nel settore agricolo. Se da un lato è vero che anche in agricoltura si sono verificate sensibili diminuzioni degli infortuni, dall'altro rimane tuttavia, molto elevato il rischio di infortunio mortale tra gli agricoltori, con un'incidenza delle morti sul numero degli occupati nel settore tripla rispetto alla media dei lavoratori dell'Industria e dei Servizi (rispettivamente 0,14 e 0,04 per mille) (INAIL, 2009).

Molte sono le cause e fra queste il fattore "macchina" appare quello maggiormente coinvolto (INAIL). Tuttavia, fra gli addetti ai lavori vi è piena consapevolezza che il fattore "umano" (insieme delle facoltà umane, componenti fisiologiche e psicofisiche, e delle loro limitazioni sul posto di lavoro [FAA] che influenzano il modus operandi dell'uomo), è spesso alla base degli incidenti (INAIL).

Disattenzione, scarsa osservanza delle regole di sicurezza, progressivo invecchiamento degli addetti, inadeguata preparazione tecnica di datori di lavoro e operatori, mancata manutenzione dei dispositivi antinfortunistici, il tutto aggravato da quella che appare un'incomprensibile carenza di motivazioni verso comportamenti "virtuosi", sono le maggiori cause d'incidenti in agricoltura. A queste si aggiunge, inoltre, l'obsolescenza delle macchine agricole quotidianamente utilizzate in campo. Né, alla fine, si possono ignorare fattori emergenti costituiti dalla manodopera straniera e dalle nuove categorie di lavoratori (part time, holiday workers, ecc.) nonché delle nuove abitudini, come quelle di una fascia sempre più consistente di lavoratori che al mattino giunge in azienda senza un adeguato periodo

di riposo. Si unisce a ciò un impiego delle macchine troppo spesso diverso, per tipologia e intensità, rispetto a quello per il quale esse sono state concepite e progettate. L'agricoltura italiana, peraltro, assai difforme per caratteri orografici, colturali e culturali, ben si presta a esaltare gli aspetti negativi connessi agli impieghi difformi delle macchine.

Sul piano delle malattie professionali, il settore agricolo è quello che ha fatto registrare, nel quinquennio 2006-2010, un aumento delle denunce di circa il 340% (Rapporto INAIL 2010). Piuttosto che a un improvviso peggioramento delle condizioni di salubrità negli ambienti di lavoro, questa crescita è riconducibile a una progressiva quanto auspicata emersione del fenomeno, grazie soprattutto all'entrata a regime delle nuove tabelle delle malattie professionali. Infatti, il DM del 9 aprile 2008 ha incluso (come "tabellate") alcune malattie che prima non lo erano; inoltre, si registra una crescente sensibilità verso le patologie da sovraccarico biomeccanico da parte dei medici esterni, medici di famiglia e medici competenti per i quali vige l'obbligo della denuncia.

In considerazione della incidentalità ancora elevata, si è condotta inizialmente una indagine sulla composizione e sicurezza del parco macchine, selezionando due comparti agricoli della Sicilia orientale assai diversi fra loro, ma uniti da caratteristiche comuni in termini di capacità di impresa, investimenti, tipologia di gestione e management, quali quello orticolo di pieno campo (carote e patate) e quello vitivinicolo. Entrambi i comparti risultano avere in comune una elevata considerazione nei confronti della meccanizzazione delle operazioni colturali.

Oltre ai risultati che riguardano specificamente le singole macchine osservate e il parco macchine di ciascuna azienda, le ricognizioni effettuate hanno messo in evidenza alcuni punti critici, rappresentati delle protezioni dell'albero cardanico e dalle coperture degli organi di trasmissione. In altri termini, prima ancora di effettuare una puntuale ricognizione dello stato manutentivo di ciascuna macchina, questi due elementi possono essere verificati per primi, fornendo immediatamente una valutazione di massima dello stato di sicurezza dell'intero parco macchine.

Ben presto, la ricognizione delle macchine, l'osservazione dei lavori in corso durante le visite aziendali (macchine e aspetti organizzativi), i colloqui con gli operatori hanno posto in evidenza aspetti della sicurezza e della salute connessi

all'ergonomia e all'organizzazione del lavoro. In precedenza, durante visite nelle serre coltivate a pomodoro, e successivamente più ancora nelle aziende vitivinicole, i colloqui con gli addetti alle operazioni di potatura (scacchiatura e legatura del pomodoro, potatura invernale della vite) hanno posto in risalto disagi, quando non vere e proprie patologie, connesse a lavori ripetitivi anche se, almeno apparentemente, contraddistinti da una bassa richiesta di sforzi muscolari.

Nello stesso periodo (2008), la pubblicazione del D.Lgs. 81/08, che pone attenzione per la prima volta ai rischi muscolo scheletrici del lavoratore agricolo, nonché l'emergere della disponibilità di dati statistici sulla consistenza del fenomeno, sono ambedue fattori che confermano la necessità, avvertita in campo, di approfondire le ricerche in merito all'esposizione ai rischi per sovraccarico biomeccanico dei lavoratori agricoli. Nello stesso periodo, peraltro, l'Ingegneria Agraria italiana produceva i primi lavori sulla valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico (Monarca et al., 2007; Porceddu et al., 2008).

Attualmente, la quasi improvvisa disponibilità di informazioni epidemiologiche attinenti l'intero panorama nazionale ed europeo conferma che non solo buona parte dei lavoratori è esposta al rischio, ma che una elevata percentuale degli esposti manifesta le patologie (EU-OSHA, EWCS).

Nel nostro Paese la valutazione del rischio per sovraccarico biomeccanico degli arti superiori dovuta a movimenti ripetitivi viene eseguita mediante ricorso al metodo OCRA (Occupational Repetitive Actions), messo a punto nel 1996 dai medici Colombini e Occhipinti. Il metodo, che nel tempo è stato modificato e aggiornato, è attualmente raccomandato dalle norme ISO 11228/3, EN 1005-5, nonché reso obbligatorio in Italia dal D.Lgs. 81/08 (Testo Unico Sicurezza sul Lavoro) nella valutazione di tali rischi.

Il metodo è stato concepito inizialmente per l'industria in via principale, ovvero laddove siano presenti postazioni di lavoro in cui il ritmo è imposto da un processo che non può essere modulato dal lavoratore. Successivamente, è stato applicato a molteplici contesti lavorativi, dalla produzione delle calzature alla manifattura delle ceramiche. Nel settore agricolo la diffusione era stata ostacolata dalla scarsa attenzione che i datori di lavoro manifestano nei confronti della valutazione dei rischi, dalla scarsa sensibilità dell'agricoltura nei confronti

dell'ergonomia delle postazioni di lavoro, dalle difficoltà di applicazioni del metodo in un ambito che, come è ben noto, e molto diverso dall'industria e dall'artigianato. Inoltre, occorre evidenziare che il metodo non è scevro da complessità e ai fini della sua applicazione richiede tempo e un'adeguata formazione del valutatore.

Inizialmente, le ricerche svolte utilizzando il metodo OCRA, nell'ambito del Dottorato di Ricerca, hanno riguardato una prima valutazione del rischio da esposizione a movimenti ripetitivi degli arti superiori in alcune operazioni ricorrenti in serra (scacchiatura e legatura del pomodoro). Successivamente, è stata presa in considerazione in maniera più approfondita la potatura manuale del vigneto.

I risultati ottenuti non solo hanno confermato la diffusione delle patologie muscolo - scheletriche correlate al lavoro in agricoltura, ma hanno indotto ad approfondire e indagare alcuni aspetti connessi alla metodologia OCRA, anche con il fine di meglio comprendere come essa possa essere utilizzata al meglio in un settore, quello agricolo, tanto diverso da quello per il quale era stata concepita. In particolare l'approfondimento sperimentale ha riguardato due fattori di rischio di primaria importanza, quali la forza e la frequenza.

Relativamente alla forza, si è voluto verificare innanzitutto il peso di tale fattore sull'OCRA Index; successivamente, si è proceduto con attività sperimentali volte all'oggettivazione dello sforzo al posto dell'impiego di scale impostate su valori soggettivi come la scala di Borg (procedura ammessa dagli stessi autori di OCRA). A tale scopo è stata impiegata una forbice sensorizzata, realizzata appositamente in collaborazione con il CRA-ING di Treviglio. Obiettivo di queste ricerche è capire se, validando la forbice e validando reciprocamente la scala di Borg con i giudizi di sforzo dati dagli operatori, può essere utile sostituire i valori misurati dallo strumento, convertiti nella scala di Borg, ai giudizi soggettivi previsti dal metodo OCRA.

Con riguardo alla frequenza alla quale vengono condotte le azioni si è voluto porre in evidenza la sussistenza di variazioni che, almeno in alcuni ambiti, sono prevedibili, dipendono dal contesto lavorativo e dall'organizzazione del lavoro, e rispondono a curve determinabili. Si è dimostrato che ignorare l'andamento della frequenza durante la giornata può condurre a gravi sottostime dei rischi muscolo scheletrici.

Le indagini effettuate mostrano la necessità di affrontare, in agricoltura, un adeguato studio dell'organizzazione del lavoro, nonché attenti rilevamenti che consentano di individuare le curve che rappresentano l'andamento della frequenza, pena gravi errori nella stima dei rischi da sovraccarichi biomeccanici. Inoltre, debbono essere proseguite le esperienze per la sostituzione delle valutazioni soggettive dello sforzo mediante strumenti sensorizzati, previa accurata calibrazione dello sforzo rilevato.

Infine, si vuole qui sottolineare la necessità che ogni nuova macchina, ogni nuova postazione di lavoro, ogni nuovo cantiere in agricoltura, e non solo, dovrà essere a nostro avviso valutata come usualmente si opera attraverso un bilancio economico con confronti di tempi di lavoro, capacità di lavoro, produttività, ma anche in funzione del bilancio della sicurezza e salute, in particolare degli aspetti riguardanti l'ergonomia e in parte il sovraccarico biomeccanico. Confronti che vanno fatto ante e post valutazione.

CAPITOLO II

I RISCHI DA SOVRACCARICO BIOMECCANICO IN AGRICOLTURA

2.1 – L’incidenza del fenomeno e l’emergenza del problema

Le patologie muscolo scheletriche correlate al lavoro, definite come WMSDs (*Work related Musculo-Skeletal Disorders*) nella letteratura internazionale, sono malattie che colpiscono i distretti muscolo scheletrici e sono associate al lavoro in particolare a posture scorrette, impiego di forza, sollevamento manuale dei carichi, ma anche e soprattutto a movimenti ripetitivi degli arti superiori, costituiscono un problema rilevante sia a livello nazionale, che europeo e mondiale.

I WMSDs costituiscono un problema importante da non sottovalutare per i lavoratori, ai quali causano sofferenza personale e disagi di tipo socio-economico; per il datore di lavoro, per il quale sono un motivo di riduzione dell'efficacia aziendale e aumento dei premi assicurativi; per la Società, perché aumentano i costi della sanità e della previdenza (domande di risarcimento).

Una scarsa attenzione alla sicurezza sui luoghi di lavoro e alle buone prassi sanitarie si traduce in costi elevatissimi dovuti alle assenze per malattia, a un abbassamento della qualità del lavoro e a un calo della produttività (§ 2.4). Trovare una soluzione al problema dei WMSDs significa, ovviamente e soprattutto, migliorare la vita dei lavoratori, ma significa anche migliorare il rendimento di un’azienda. Per questi motivi rappresentano una priorità per l'Unione Europea nell'ambito della strategia comunitaria sulla salute e la sicurezza sul lavoro e sono oggetto di studio delle più importanti agenzie che si occupano di salute e sicurezza sui luoghi di lavoro.

Secondo alcune ricerche effettuate negli Stati Uniti dal *Bureau of Labor Statistics* (*USA, 2000*), agenzia governativa di statistica che raccoglie, elabora, analizza e diffonde i dati statistici sull’economia del lavoro, il 34,7% di tutti i casi di disturbi occupazionali sono associati all’esecuzione di movimenti ripetitivi e sforzi rilevanti.

L'Agenzia Europea per la Sicurezza e la Salute sul Lavoro (EU-OSHA) ha dedicato la *Settimana Europea per la sicurezza* nel 2000 e nel 2007 a tali malattie. L'Agenzia sulla base dei dati raccolti divulga le statistiche riguardanti la Sicurezza e la Salute sui luoghi di lavoro in Europa. Nel 2007, nell'Unione Europea a 27 Paesi, l'8,1% dei lavoratori di età compresa tra 15 e 64 anni, che lavorano o hanno lavorato in passato, ha segnalato un problema di salute legato all'attività lavorativa nei 12 mesi precedenti l'indagine, pari a circa 23 milioni persone. I problemi muscolo-scheletrici sono stati segnalati come il principale problema sanitario legato all'attività lavorativa (59,8%), seguita da stress, depressione o ansia (13,7%). Tra il 2001 e il 2007, le malattie muscolo-scheletriche sono state le più comuni malattie professionali riconosciute dalle autorità dei Paesi Europei. Nel 2005, secondo i dati relativi a solo 12 Stati membri, circa il 57% delle malattie professionali riconosciute a livello europeo comprendeva patologie dell'apparato muscolo scheletrico (tendinopatie, epicondiliti, sindrome del tunnel carpale, ecc.). Nell'Unione Europea, nel 2007, si stima che i problemi di salute connessi al lavoro hanno causato almeno 367 milioni di giorni non lavorati per malattia. Questa cifra non comprende le persone che non hanno più ripreso a lavorare a causa del loro problema di salute legato all'attività lavorativa.

Si stima che le malattie muscolo - scheletriche comportino un costo compreso fra lo 0,5% e il 2% del PIL di un paese (*OSHA, 1999*).

Anche la Fondazione Europea per il miglioramento delle condizioni di vita e di lavoro con sede a Dublino produce periodicamente indagini (campionarie) sulle condizioni di salute e di lavoro dei lavoratori europei. L'indagine del 2000 della Fondazione Europea di Dublino aveva evidenziato che:

– il 31% dei lavoratori erano adibiti costantemente ad attività comportanti movimenti ripetitivi degli arti superiori (46% per oltre la metà dell'orario di lavoro);
– il 15% dei lavoratori operava su cicli ripetuti di durata inferiore o uguale a 5 secondi (12 cicli al minuto);
– il 29% dei lavoratori non aveva influenza decisionale sui ritmi e metodi di lavoro;
– il 39% non poteva avere una pausa quando la riteneva necessaria;
– il 24% operava continuamente ad alti ritmi e velocità.

I problemi di salute più frequentemente segnalati erano il mal di schiena (33%), lo stress (28%), i dolori artro-muscolari al collo e alle spalle (24%) e agli arti superiori (13%). I dati diventavano ancora più preoccupanti se riferiti al settore agricolo. Il 37% dei lavoratori agricoli era adibito ad attività che comportavano in modo usuale movimenti ripetitivi degli arti superiori. Sul fronte degli effetti sulla salute il 29% soffriva di disturbi agli arti superiori e il 36% di disturbi al collo e alle spalle.

L'indagine del 2005 ha evidenziato l'evoluzione delle malattie muscolo - scheletriche in Europa rispetto alle altre malattie professionali (*Fig. 2.1*).

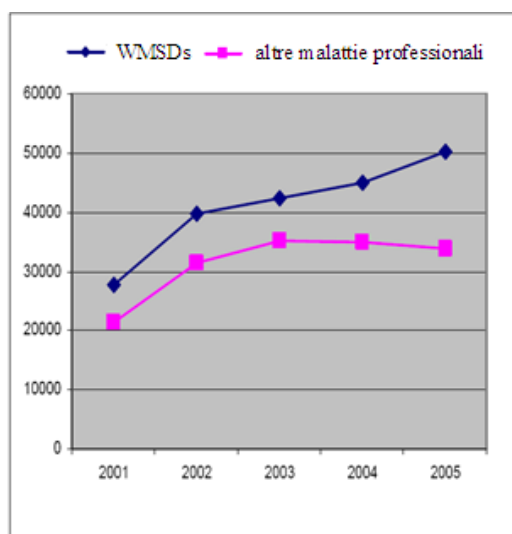



Fig. 2.1 – Evoluzione dei principali WMSDs / altre malattie professionali – UE 15

Inoltre, l'indagine ha messo in luce che (*Fig. 2.2*):

- quasi il 25% dei lavoratori dell'UE ha dichiarato di soffrire di mal di schiena;
- il 23% soffriva di dolori muscolari;
- il 61% dei lavoratori svolgeva azioni ripetitive con le mani o con le braccia per almeno un quarto dell'orario di lavoro;
- il 35% trasportava o movimentava carichi pesanti;
- il 46% dei lavoratori dichiarava di lavorare in posizioni dolorose o stancanti per almeno un quarto del proprio orario di lavoro;

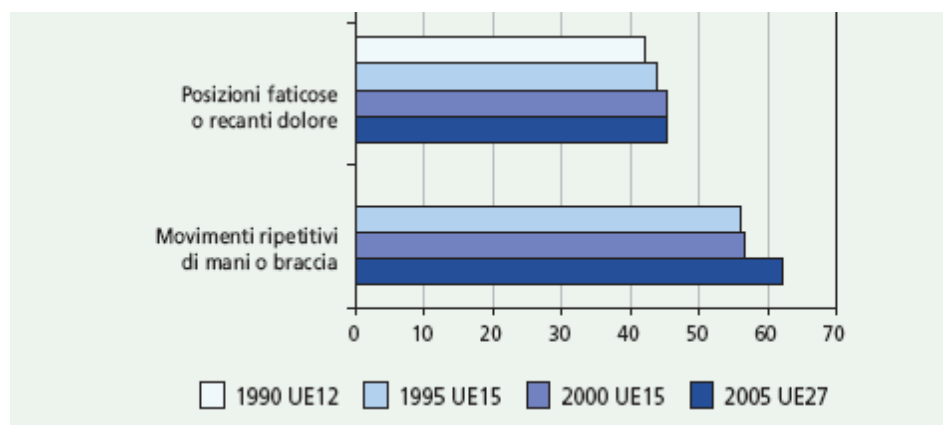



Fig. 2.2 – Esposizione dei lavoratori a sovraccarico biomeccanico (European Working Conditions Survey - EWCS)

L'ultima indagine del 2010 ha messo in evidenza che:

– il 32,9% dei lavoratori sono adibiti costantemente ad attività comportanti movimenti ripetitivi degli arti superiori;
– il 59,2% dei lavoratori opera a ritmi elevati;
– il 15,7% dei lavoratori opera in posizioni doloroso e/o stancanti;

Anche i dati forniti dall'INAIL nell'Unione Europea (*Fig. 2.3*), evidenziano nel 2006, il 55,5% delle malattie professionali riconosciute è provocato da sovraccarico biomeccanico (Tendinopatie, Epicondiliti e Sindrome del tunnel carpale).

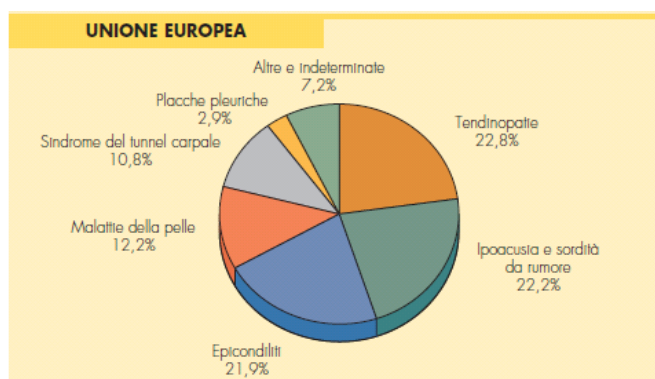



Fig. 2.3 – Principali malattie professionali riconosciute nella U.E. (%) (INAIL 2006)

In Italia, i dati infortunistici diffusi dall'INAIL nel marzo 2011, sono riferiti agli infortuni sul lavoro del 2010 e rilevano un calo dell'1,9% rispetto al 2009, passando da circa 790.000 (2009) a circa 775.000 (2010). Con specifico riferimento in agricoltura, con un trend costantemente decrescente dal 2001 al 2010, si è verificato

un calo degli infortuni denunciati pari al 37,8%.

I dati riferiti agli infortuni mortali presentano lo stesso trend, e ciò dimostra l'aumento dell'attenzione da parte dei lavoratori e delle imprese, verso la costituzione di un corretto ambiente di lavoro. I dati per l'agricoltura, riferiti al periodo 2001-2010, mostrano una diminuzione del 27,7% di casi mortali, passando da 159 nel 2001 a 115 nel 2010.

Per quanto concerne le malattie professionali in agricoltura, dai dati riferiti al quinquennio 2006-2010, risulta che le denuncie sono passate da 1.447 casi a 6.380. Dunque, si è registrato un aumento pari al 340% delle denunce presentate all'INAIL per il riconoscimento e l'eventuale indennizzo di una patologia di origine lavorativa in ambito agricolo. Contrariamente a quanto si possa pensare per gli infortuni sul lavoro, un aumento delle denunce nel campo delle malattie professionali non significa necessariamente un peggioramento delle condizioni di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, quanto una maggiore sensibilità da parte dei medici esterni, medici di famiglia e medici competenti. Infatti, l'ultimo D.M. 11/12/2009 aggiorna l'elenco delle malattie professionali per le quali vige, per tutti i medici che ne vengano a conoscenza, l'obbligo della denuncia ai sensi dell'art. 139 del T.U. n. 1124/1965 e fra queste pone finalmente il rischio muscolo scheletrico.

Considerandole nel loro complesso, in agricoltura, si è registrato un trend in continua ascesa delle patologie professionali da sovraccarico biomeccanico (malattie osteo-articolari e muscolo-tendinee) che arrivano a incidere nel 2010 per l'80,4% (circa 5.100 denunce), a fronte di un 50% nel 2006 (circa 700 denunce) con un incremento di oltre il 600% (*Fig. 2.4*).

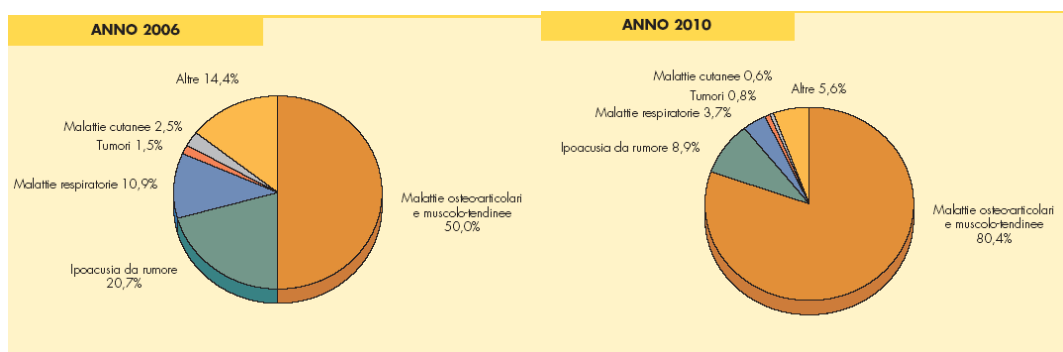



Fig. 2.4 – Patologie professionali da sovraccarico biomeccanico in agricoltura (INAIL 2011)

In Sicilia, i dati relativi agli infortuni denunciati all'INAIL nell'anno 2010 (34.285) presentano un bilancio infortunistico, per la regione, in decremento rispetto al 2009 (34.323), con una contrazione dello 0,11%; trend in linea con l'andamento nazionale (-1,87%). Gli eventi mortali nel loro complesso sono diminuiti di 18 unità, si contano infatti, nel 2010, 69 casi mortali rispetto agli 87 del 2009.

Le malattie professionali denunciate nel 2010 ammontano a 1.455; il 90% di esse si concentra nella gestione "Industria e Servizi", l'8% in "Agricoltura" e il 2% tra i "Dipendenti Conto Stato.

Il focus sulle tipologie di malattie più frequenti in "Agricoltura" pone in testa alla graduatoria le "malattie osteoarticolari e muscolo-tendinee" (41%), seguite da "ipoacusie da rumore"(29%) e da "malattie respiratorie" (17%) tradizionalmente più numerose.

2.2 – Le malattie professionali da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori

Secondo la definizione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (*OMS, 1985*), le *malattie professionali sono delle patologie correlate al lavoro di origine multifattoriale (eziopatogenesi plurifattoriale), cioè possono essere provocate o aggravate dall'azione combinata di più cause agenti, individuali e ambientali*. Si sviluppano a causa di un fattore di rischio specifico presente in modo preponderante o esclusivo nell'ambiente di lavoro, per cui è riscontrabile una relazione causa effetto diretta tra attività lavorativa espletata e malattia.

Le malattie professionali costituiscono uno degli oggetti di tutela dell'assicurazione obbligatoria INAIL. La malattia per essere definita "professionale" deve essere stata contratta a seguito dello svolgimento di specifiche attività. Alcune di queste attività sono state individuate tassativamente dal legislatore il quale, qualora il lavoratore avesse svolto l'attività prevista, presume che la malattia abbia origine professionale. Per le altre malattie "non tabellate" rimane invece a carico del lavoratore l'onere di dimostrare che la malattia contratta sia stata causata dalle attività svolte. Dopo aver contratto una delle malattie "tabellate", il lavoratore deve attivarsi per la richiesta del riconoscimento della malattia professionale (e relativo indennizzo) entro il termine stabilito dallo stesso legislatore con riferimento

ad ogni singola malattia dimostrando altresì di essere stato adibito alle lavorazioni associate alla malattia.

Le malattie da sovraccarico biomeccanico sono indicate nella letteratura internazionale con diversi acronimi, in particolare ricordiamo WMSDs (*Work related Musculo-Skeletal Disorders*) e CTD (*Cumulative Trauma Disorders*). Sono delle patologie a carico delle strutture osteo-muscolo-neuro-tendinee e delle borse, che sempre con maggior frequenza vengono correlate ad attività lavorative che si caratterizzano o per la movimentazione manuale dei carichi o per i movimenti ripetuti degli arti superiori che possono essere associati a posture scorrette. Queste attività lavorative richiedono un costante impegno funzionale dei vari distretti dell'arto superiore (spalla, gomito, mano, polso) e/o di altri distretti corporei quali il rachide e le ginocchia.

Va rilevato che le suddette malattie sono riscontrabili anche nella popolazione "non esposta" per cause locali o cause generali legate a pregressi traumatismi, all'invecchiamento, a fattori ereditari predisponenti; analoghi meccanismi da sollecitazioni biomeccaniche ripetute si verificano inoltre in attività domestiche, sportive e hobbistiche.

Negli ultimi elenchi delle malattie "tabellate" dal Legislatore per l'agricoltura (GURI del 21/7/2008, Serie generale n. 169 – Supplemento ordinario n. 66 alla GURI, Serie generale n. 76 del 1/4/2010 - *Appendice A*) compaiono anche le malattie da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori per i lavoratori agricoli che svolgono attività in modo non occasionale, che comportano movimenti ripetuti, mantenimento di posture incongrue e impegno di forza:

a) tendinite della spalla, del gomito, del polso e della mano;
b) sindrome del tunnel carpale;
c) altre malattie da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori .

Prima di questa data in Italia il riconoscimento assicurativo dell'eziologia professionale dei WMSDs è avvenuto con le sentenze della Corte Costituzionale n. 179/88 e n. 206/88 che ha introdotto il "sistema misto" per il riconoscimento delle malattie professionali da parte dell'Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL).

In genere, i disturbi muscolo-scheletrici degli arti superiori e del collo (UL-WMSD, *Upper Limbs Work Musculo-Skeletal Disorders*) legati all'attività lavorativa sono disturbi che colpiscono determinate strutture del corpo quali muscoli, articolazioni, tendini, legamenti, nervi, ossa e il sistema circolatorio locale; tali disturbi sono provocati o aggravati prevalentemente dall'attività lavorativa e dall'ambiente in cui essa si svolge.

La maggior parte dei UL-WMSDs si sviluppa nel corso del tempo e possono manifestarsi anche dopo molto tempo. I sintomi di queste patologie sono dolore, disagio e sensazione di intorpidimento e di formicolio a carico delle zone colpite. Chi soffre di questi disturbi può inoltre riferire gonfiore delle articolazioni, ridotta mobilità o forza di presa e variazioni del colorito della pelle delle mani o dita. I sintomi, in alcune persone, possono manifestare episodicamente per poi scomparire con il riposo o il cambio di attività: tali disturbi sono pertanto transitori. Alcuni UL-WMSDs sono "specifici" (tendinite, sindrome del tunnel carpale, ecc.); altri sono "non specifici", cioè si avverte dolore, anche poliarticolare, in assenza di un chiaro quadro clinico. Oltre al normale processo degenerativo correlato all'età, anche un ambiente di lavoro inadeguato può contribuire alla comparsa dei disturbi in una persona sana o all'aggravamento di tali disturbi in una persona già ammalata.

I problemi di salute vanno da malesseri e dolori di lieve entità sino a problemi più seri che costringono ad assentarsi dal lavoro e a richiedere cure mediche. Nei casi cronici più gravi il risultato potrebbe essere una disabilità permanente e la perdita dell'idoneità al lavoro. Di seguito le principali malattie degli arti superiore e del rachide:

- *Tendinopatie della cuffia dei rotatori (spalla)*;
- *Tendinopatia del capolungo del bicipite (spalla)*;
- *Borsite (spalla)*;
- *Epicondilite laterale e mediale (gomito)*;
- *Borsite olecranica (gomito)*;
- *Tendinopatie dei muscoli flessori ed estensori (polso e mano)*;
- *Malattia di De Quervain (polso e mano)*;
- *Sindrome del tunnel carpale (polso e mano)*;
- *Morbo di Dupuytren (dita);*

– *Sindrome di Raynaud (dita);*
– *Ernia del disco (rachide);*
– *Colpo della strega (rachide).*

2.3 – Normative sul sovraccarico biomeccanico

In questo paragrafo vengono presentate per brevissimi cenni le normative nazionali (Testo Unico sulla Sicurezza sul Lavoro, nuova Direttiva Macchina) e tecniche (ISO e EN) in merito il sovraccarico biomeccanico. Parte delle informazioni sono state ricavate dalle *Linee Guida regionali per la Prevenzione delle patologie muscolo - scheletriche connesse a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori, della Regione Lombardia.*

2.3.1 – D.Lgs 81/08 – Testo Unico Sicurezza sul Lavoro

La normativa di riferimento che regola la prevenzione delle patologie degli arti superiori da movimenti e sforzi ripetuti è il *Testo Unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro*.

Il *Testo Unico* emanato con D.Lgs. 81/08 ha avuto l'obiettivo di riordinare l'intera materia di sicurezza e prevenzione e di sanare alcune lacune del precedente D.Lgs. 626/94, inglobando tutte le normative inerenti i temi di sicurezza, igiene e prevenzione dei rischi sul lavoro contenute in diverse normative che, di fatto, sono state abrogate. Il provvedimento è costituito da 306 articoli suddivisi in 12 titoli e 51 allegati; a confronto, il D.Lgs. 626/94 a seguito di integrazioni e modifiche, era arrivato a 161 articoli, suddivisi in 15 titoli e 24 allegati, rispetto alla stesura iniziale del 1994 la quale era costituita da 98 articoli, suddivisi in 10 titoli e 13 allegati.

Il D.Lgs. 81/08, prevede, all'Art. 15**,** *lettera d*, che il datore di lavoro adotti una serie di misure generali di tutela dei lavoratori che comprendono anche "*il rispetto dei principi ergonomici nell'organizzazione del lavoro, nella concezione dei posti di lavoro, nella scelta delle attrezzature e nella definizione dei metodi di lavoro e produzione, in particolare al fine di ridurre gli effetti sulla salute del lavoro monotono e di quello ripetitivo*". Il rispetto dei principi ergonomici viene considerato un aspetto più importante rispetto a quanto in precedenza *(D.Lgs. 626/94, Art. 3, comma 1, lettera f)* e le modifiche apportate sono estremamente significative poiché

includono anche l'organizzazione del lavoro ed evidenziano la particolare necessità di ridurre il rischio.

Nell'Art.. 28 comma 1, si ribadisce che la valutazione dei rischi deve riguardare "*tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori"* In precedenza l'Art. 2 fornisce preliminarmente le definizioni di pericolo e di rischio. Il *pericolo* è la proprietà o qualità intrinseca di un determinato fattore (per es. oggetti, materiali o attrezzature di lavoro, metodi e pratiche di lavoro, ecc.) avente potenzialità di causare danni. Il *rischio* è la probabilità che sia raggiunto il livello potenziale di danno nelle condizioni d'impiego e/o esposizione. Il rischio, in particolare, associa due elementi fondamentali: il primo è la *probabilità* che un determinato evento sfavorevole si verifichi, l'altro elemento è il *danno* che l'evento potrebbe provocare (rischio = probabilità × danno).

Si è ormai affermato in letteratura, con recepimento anche nella nostra normativa relativa alle Malattie Professionali (D.M. 9/4/2008)., *che le attività con movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori possono costituire un rischio per la salute dei lavoratori (patologie muscolo - scheletriche degli arti superiori). Il datore di lavoro deve valutare anche questo specifico rischio e, laddove lo stesso si evidenzi come presente e potenzialmente dannoso, deve attuare un programma teso a contenere il rischio al più basso livello tecnicamente possibile compatibilmente con il tipo di attività esercitata. Una volta operata tale valutazione, sia pure con metodi non esplicitamente indicati dalla norma, essa viene riportata nel documento (previsto dall'Art. 28 comma 2) assieme al complesso di contenuti previsti dallo stesso (relazione di valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e salute durante l'attività lavorativa, indicazione misure di prevenzione e protezione attuate, programma delle misure opportune per garantire nel tempo il miglioramento della sicurezza, indicazione delle procedure per l'attuazione delle misure da realizzare, responsabile del servizio di prevenzione e protezione (RSPP), rappresentante dei lavoratori per la sicurezza (RLS) e medico competente). Inoltre è evidente che, trattandosi di un rischio per la salute vada attivata, nei casi appropriati, una specifica sorveglianza sanitaria secondo i principi generali dello stesso D.Lgs.* (*Linee guida Regione Lombardia, 2009*).

Riferimenti al sovraccarico biomeccanico dovuti a movimenti ripetitivi degli arti superiori si hanno anche nel Titolo VI (*Appendice B*) dedicato alla movimentazione manuale dei carichi che, rispetto alla normativa pre-vigente e, in particolare, al D.Lgs. 626/1994, ha apportato interessanti novità e modifiche.

Per movimentazione manuale dei carichi si intendono *le operazioni di trasporto e di sostegno di un carico ad opera di uno o più lavoratori, comprese le azioni di sollevare, deporre, spingere, tirare, portare o spostare un carico, che per le loro caratteristiche o in conseguenza delle condizioni ergonomiche sfavorevoli, comportano rischi di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari (*Art. 167, comma A). Tale definizione è già un'innovazione radicale, infatti, non si parla più di solo malattie dorso-lombari ma di patologie da sovraccarico biomeccanico intese come *patologie delle strutture osteo-articolari, muscolo-tendinee, e nervo-vascolari* (Art. 168). Entrano in gioco, dunque, lo studio del NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) per il rachide e più ampiamente le acquisizioni in tema di sovraccarico biomeccanico dovuto a movimenti ripetitivi degli arti superiori. Di conseguenza il datore di lavoro ha *l'obbligo di adottare le misure organizzative necessarie ……. per evitare la necessità di una movimentazione manuale dei carichi da parte dei lavoratori* (Art. 168) e *qualora non sia possibile evitare la movimentazione manuale dei carichi, il datore di lavoro deve adottare le misure organizzative necessarie, …… allo scopo di ridurre il rischio che comporta la movimentazione manuale di detti carichi, tenendo conto dell'allegato XXXIII* (Art. 169).

L'allegato XXXIII (*Appendice C),* che rappresenta una novità rispetto al D.Lgs. 626/94, fornisce indicazioni puntuali per la valutazione del rischio poiché cita le norme tecniche da applicare.

Va altresì segnalato come gli articoli 22, 23 e 24 del D.Lgs. 81/08 individuano precisi obblighi di rispetto dei principi generali di prevenzione per progettisti, fabbricanti, fornitori e installatori di impianti, posti di lavoro e attrezzature di lavoro (*Linee guida Regione Lombardia, 2009*).

2.3.2 – ISO 11228-3; Ergonomics – Manual Handling of low loads at high frequency

Se in passato, in assenza di uno specifico articolato normativo, la valutazione in questione poteva essere operata con metodi "liberamente" scelti dal datore di

lavoro (purché accreditati in letteratura e comunque esplicitati nel proprio documento di valutazione), recentemente in materia è stata adottata da ISO una norma tecnica (standard) che può rappresentare un elemento di riferimento per operare tali valutazioni. La norma risponde perfettamente alle definizioni di norma tecnica di cui all'Art. 2 del D.Lgs 81/08. Questa norma è sufficientemente elastica nel proporre diversi metodi accreditati dalla letteratura e specifica i principali metodi per la valutazione del rischio da movimenti ripetitivi ad alta frequenza indicando sia quelli utilizzabili per una valutazione rapida del rischio (checklist OCRA, OSHA) sia quelli che eseguono una valutazione più dettagliata del rischio (OCRA Index, Strain Index, TLV ACGIH) (*Linee guida Regione Lombardia, 2009*).

La norma indica come metodologia preferenziale il *metodo OCRA (Checklist e OCRA Index)* per la sua maggiore completezza nel considerare i diversi elementi di rischio; per la capacità di analizzare più compiti ripetitivi (*multitask*) caratterizzati sia da rotazioni frequenti che infrequenti; per la sua forte propensione a identificare gli elementi critici utili in fase di riprogettazione delle postazioni di lavoro; per la disponibilità di studi che mettono in relazione i valori del rischio con gli esposti e la possibilità di derivarne un modello previsionale.

Va infine sottolineato che da parte del CEN, come verrà riportato in seguito, sono state definite una serie di norme di stretta attinenza con la prevenzione degli UL-WMSD.

2.3.3 – D.Lgs. 17/10 – Nuova Direttiva Macchine 2006/42/CE

I summenzionati articoli 22, 23, 24 del D.Lgs. 81/08 vanno letti in maniera congiunta con le previsioni della cosiddetta "Direttiva Macchine", anche nella versione aggiornata di recente (direttiva 2006/42), in Italia recepita con il D.Lgs. n. 17 del 27 gennaio 2010.

La nuova direttiva dà maggiore risalto all'ergonomia (*all. I p.to 1.1.6*), infatti, dedica un paragrafo intero all'ergonomia, in modo da individuarla con chiarezza come uno specifico obiettivo da raggiungere. Nelle condizioni d'uso previste della macchina, devono essere ridotti al minimo possibile il disagio, la fatica e le tensioni psichiche e fisiche (stress) dell'operatore, tenuto conto dei principi seguenti dell'ergonomia:

1. tener conto della variabilità delle dimensioni fisiche, della forza e della resistenza

dell'operatore;

2. offrire lo spazio necessario per i movimenti delle parti del corpo dell'operatore;
3. evitare un ritmo di lavoro condizionato dalla macchina;
4. evitare un controllo che richiede una concentrazione prolungata;
5. adattare l'interfaccia uomo/macchina alle caratteristiche prevedibili dell'operatore.

Questa direttiva comunitaria, emanata secondo il principio del libero scambio delle merci tra i Paesi membri dell'Unione Europea, è principalmente rivolta ai progettisti e costruttori di macchine ed impianti e tende a garantire livelli accettabili e uniformi di sicurezza e protezione della salute degli utilizzatori. Secondo la stessa, le macchine di nuova progettazione, o quelle "vecchie" che subiscono variazioni costruttive o di destinazione d'uso, devono essere conformi a una serie di requisiti di sicurezza e di ergonomia stabiliti in linea di principio dalla stessa norma e in via concreta da una serie di cosiddette "norme armonizzate" emanate, su mandato dell'Unione Europea, dal CEN (Comitato Europeo di Normazione in italiano, European Committee for Standardization in inglese, Comité européen de normalisation in francese) e, in quanto tali, cogenti per i Paesi membri (*Linee guida Regione Lombardia, 2009*).

Infatti, in Europa, le disposizioni delle direttive sono integrate da una serie di norme armonizzate, le norme EN, che forniscono indicazioni particolareggiate e ne rendono possibile l'applicazione.

2.3.4 – Norme EN

Il CEN ha emanato recentemente una serie di norme di stretta attinenza con la prevenzione degli UL-WMSD. In particolare tra queste vanno ricordate (*Linee guida Regione Lombardia, 2009*):

– criteri per la progettazione ergonomica, tenuto conto delle interazioni tra progettazione delle macchine e dei compiti lavorativi (EN 614-2);
– criteri antropometrici per la definizione e la disposizione dei posti di lavoro (EN-ISO 14738);
– criteri per l'uso di forza raccomandati per l'utilizzo di macchinari (UNI EN 1005-3:2009);
– criteri per la valutazione delle posture e dei movimenti lavorativi presso le postazioni di lavoro (UNI EN 1005-4:2009);

– criteri per la valutazione del rischio connesso alla movimentazione ripetitiva ad alta frequenza (UNI EN 1005-5:2007); la norma considera, ai fini della valutazione del rischio, in maniera univoca, lo stesso modello concettuale alla base del *metodo OCRA*. La valutazione è basata su quattro livelli fondamentali: identificazione del rischio, stima semplificata, valutazione dettagliata, riduzione del rischio.

2.4 – Fattori di rischio, valutazioni e responsabilità

In questo paragrafo per brevi cenni verranno presentati i fattori di rischio, nonché alcuni aspetti connessi alla valutazione dei rischi e alla responsabilità dei soggetti coinvolti (datore di lavoro, medico competente).

2.4.1 – Fattori di rischio

Attenzione va posta nell'individuare tutti i possibili fattori di rischio, in particolare alla combinazione di più di questi, che possono sfociare in problemi ancor più preoccupanti. La valutazione dovrebbe essere fondata su un approfondito approccio, che tenga conto anche del carico complessivo esercitato sul corpo.

Tra gli agenti fisici (**Tab. 2.1**) che svolgono un ruolo chiave nello sviluppo delle patologie dovute a movimenti ripetitivi degli arti superiori, si possono distinguere una serie di elementi di rischio classificabili in fattori di carattere endogeno, legati alla storia medica e personale del lavoratore, e fattori di carattere esogeno, più direttamente legati all'attività lavorativa e alla sua organizzazione (*Agenzia Europea per la Sicurezza e la Salute sul Lavoro, 2000*).

I moderni orientamenti tendono a valutare l'esposizione attraverso un approccio di carattere multifattoriale, che prenda in considerazione tutti i possibili fattori di carattere lavorativo/organizzativo (fattori esogeni) collegandoli nello stesso tempo con tutte le informazioni disponibili relative ai fattori di tipo endogeno.

Il NIOSH, nel 1997 ha effettuato una revisione di oltre 600 studi epidemiologici di popolazione nella quale si evinceva una significativa evidenza di relazione causale tra l'esposizione lavorativa a sforzi intensi, a movimenti ripetitivi, a posture scorrette con i WMSDs.

Tab. 2.1 – Fattori di rischio (*Inail, 2003*)

Fattori di carattere endogeno	*Fattori di tipo individuale*	età peso corporeo (obesità) caratteristiche antropometriche forza fisica e capacità di sostenere sforzi soglia di percezioni della fatica e del dolore precedenti lesioni possono accrescere la vulnerabilità fisica
	Fattori di tipo psicosociale	ansia depressione stress disagi al lavoro scarse opportunità di interazione sociale poca assistenza da parte di superiori e colleghi
Fattori di carattere esogeno	*Fattori di tipo organizzativo*	durata dei cicli lavorativi e ritmi di lavoro troppo elevati rapporto tra tempo attivo e pause distribuzione dei tempi di recupero durante il lavoro attività monotone condizionamenti temporali mancanza di controllo sulle attività svolte mancanza di esperienza, formazione o familiarità con l'attività svolta scarsa organizzazione contenuti lavorativi demotivanti
	Fattori di tipo lavorativo	ripetitività (frequenza o numero di azioni al minuto) impegno di forza postura/gesti lavorativi incongrui vibrazioni

Sulla base degli orientamenti attuali della letteratura scientifica si può affermare che nella descrizione e valutazione di un lavoro comportante un potenziale sovraccarico degli arti superiori, i principali "*segnalatori di rischio*" sono:

- i movimenti ripetitivi, soprattutto se interessano sempre le stesse articolazioni e gli stessi gruppi muscolari, e l'eventuale concomitanza di sforzo fisico e movimento ripetitivo;
- l'uso di forza, che produce un pesante carico meccanico su collo, spalle e arti superiori;
- le posture scorrette sul lavoro, in conseguenza delle quali i muscoli si contraggono e il corpo è soggetto a maggiori pressioni meccaniche (per esempio, lavorare con le braccia sollevate);
- l'attività lavorativa prolungata senza possibilità di riposare e sgravarsi del carico;

– l'esposizione di mani e braccia a vibrazioni, che sono causa di intorpidimento, formicolii o perdita di sensibilità, costringendo il lavoratore a esercitare più forza nella presa.

A ciò vanno aggiunti fattori complementari che possono fungere da amplificatori del rischio, e fra questi il microclima sfavorevole, l'uso di guanti di protezione che possono impedire la corretta manualità, il verificarsi di contraccolpi e/o movimenti bruschi, le compressioni localizzate su segmenti anatomici da parte di strumenti, oggetti o piani di lavoro ecc.

Gli UL-WMSD si osservano in tutti i settori e gli ambienti professionali, ma alcune categorie sono più a rischio rispetto ad altre specialmente i lavoratori adibiti in modo univoco ad un compito (addetti a catene di montaggio, all'assemblaggio, al confezionamento, ecc.) o le postazione che richiedono l'assunzione di una posizione di lavoro fissa, con poche possibilità di cambiamento e spesso associata a movimenti ripetuti degli arti superiori e ritmo imposto.

In *appendice D* si riporta un elenco non esaustivo dei lavoratori maggiormente esposti (*INAIL Rapporto Annuale 2000*).

2.4.2 – I datori di lavoro

I datori di lavoro sono obbligati per legge a valutare i rischi sul posto di lavoro e a intervenire per tutelare la sicurezza e la salute dei lavoratori e di altre persone che possono essere esposte ai pericoli. Un approccio graduale alla valutazione dei rischi implica:

- l'individuazione dei pericoli: individuare tutti i pericoli o le combinazioni di pericoli che possono sfociare in UL-WMSDs;
- valutare chi può rimanere vittima di un infortunio e in che modo ciò potrebbe accadere;
- valutare i rischi e decidere in merito alle azioni da intraprendere per:
  - eliminare del tutto il rischio;
  - controllare il rischio;
  - attuare misure per proteggere la forza lavoro;
  - fornire dispositivi di protezione individuale;
- monitorare i rischi e revisionare le azioni preventive.

La valutazione del rischio di sovraccarico biomeccanico degli arti superiori deve avere una approccio graduale, che prevede tre livelli di valutazione (*Colombini et Occhipinti*):

- I livello: identificazione rapida e complessiva del rischio (key enters);
- II livello: valutazione rapida del rischio elevato (punto critico) o del rischio assente, attraverso procedure semplificate (quick evaluation);
- III livello: se dopo la valutazione rapida del rischio, la postazione non risulta né a rischio elevato né a rischio assente, si procede a una descrizione più dettagliata della postazione di lavoro e a una stima analitica del rischio, attraverso procedure di analisi più complesse.

2.4.3 – La sorveglianza sanitaria

La sorveglianza sanitaria entra nel grande capitolo della prevenzione. Per sorveglianza sanitaria si intende la valutazione dello stato di salute dei lavoratori da parte del medico competente dell'azienda. L'obiettivo di tale valutazione è di prevenire l'insorgenza o l'aggravamento di malattie professionali o di malattie "lavoro correlate", quindi di impedire che l'esposizione ad agenti lesivi possa provocare danni invalidanti, temporanei o permanenti, alla salute dei lavoratori.

Per la peculiarità e la specificità del rischio da movimenti ripetuti degli arti superiori, il medico competente collabora con il datore di lavoro e con il servizio di prevenzione e protezione alla valutazione del rischio, direttamente o valutando quanto fatto da altri operatori competenti nel campo della prevenzione. Il ruolo del medico competente è quindi fondamentale nell'esaminare criticamente i risultati della valutazione del rischio, nel verificare la coerenza dei risultati della valutazione con i dati tecnici e organizzativi dell'azienda e con i risultati della sorveglianza sanitaria. La sorveglianza sanitaria ha lo scopo di valutare a livello individuale:

- i soggetti con patologie allo stato iniziale e ancora reversibile;
- i soggetti con affezioni conclamate al fine di adottare immediate misure di prevenzione;
- gli elementi necessari per i provvedimenti medico-legali (obblighi di certificazione e referto);
- i compiti più adeguati del lavoratore, attraverso la formulazione del giudizio di idoneità al lavoro;

– l'incidenza o prevalenza dei casi di WMSDs;
– la tendenza all'aumento o riduzione di nuovi casi, in relazione alla adeguatezza delle misure preventive adottate;
– le postazioni di lavoro particolarmente a rischio in relazione alla gravità o alle patologie riscontrate.

È opportuno che la sorveglianza sanitaria per le patologie da movimenti ripetuti degli arti superiori sia organizzata per livelli di approfondimento clinico (*Linee Guida per la Sorveglianza Sanitaria dei Lavoratori esposti a rischio da movimenti ripetuti degli arti superiori, Regione del Veneto*). Il primo livello, generale, è volto ad individuare i "casi anamnestici"; il secondo livello consiste nell'approfondimento di "casi anamnestici" che possono diventare "casi definiti", infatti la diagnosi di WMSD sospettata all'esame clinico, deve essere confermata con adeguati controlli strumentali, necessari nel caso di definizione di diagnosi, di diagnosi differenziale, di terapia e di valutazione medico-legale (**Tab. 2.2**).

Tab. 2.2 – Livelli di sorveglianza sanitaria (*Linee Guida, Regione del Veneto*)

I° livello: anamnestico-clinico	*Anamnesi*	- anamnesi familiare, in particolare per patologie dell'apparato locomotore e diabete; - anamnesi fisiologica, sport o attività fisica praticata, gravidanza e allattamento; - anamnesi lavorativa, attività di volontariato, eventuale seconda attività lavorativa; - anamnesi patologica, con particolare attenzione a fratture e lussazioni dell'arto superiore, patologie predisponenti (artropatie, dismetabolismi), esposizione a neurotossici.
	Raccolta dei sintomi	I WMSDs nella maggior parte dei casi presentano un esordio lento (settimane, mesi o anni), progressivo e tendono a protrarsi nel tempo giungendo fino alla cronicizzazione.
II° livello: caso definito	*Gli esami strumentali*	- Esame ecografico; - Elettromiografia (EMC); - Gli esami di laboratorio; - Le consulenze specialistiche;

2.5 – I costi delle malattie professionali

Da una ricerca socio economica, negli stati dell'Unione Europea (ottobre 2000), che mostra i dati relativi ad assenteismo, turnover, costi medici, di riabilitazione e di compensazione, risulta che le malattie muscolo - scheletriche di origine professionale hanno un costo sociale elevato. Il costo totale/anno, espresso in % del prodotto

nazionale lordo è stato stimato pari a 0,79-0,82% in Gran Bretagna, 0,61% in Germania e 1% in Finlandia.

In Italia, agli inizi degli anni '90, l'INAIL elaborò un primo calcolo globale sui costi degli infortuni e delle malattie professionali, che fornì una cifra enorme, pari a 52mila miliardi di lire. Si trattava di una stima, comprendente costi diretti (cioè prestazioni assicurative) e indiretti a carico delle imprese (per la prevenzione e, a seguito degli incidenti, per fermo produttivo, spese legali ecc.), danni residui a carico delle vittime e danno indotto all'economia in generale. La metodologia utilizzata era quella adottata dall'Organizzazione Internazionale del Lavoro (ILO). I costi annui in questione si ponevano tra il 3 e il 4% del Pil.

Nel 2003, in Italia, i danni alla salute causati dal lavoro hanno avuto un costo pari a circa 41,8 miliardi di euro, circa il 3,2% Pil (INAIL). Aspetto interessante è che in questo calcolo sono stati considerati gli eventi che hanno colpito non solo gli assicurati, ma anche, per stima, quelli che hanno riguardato i lavoratori non soggetti ad assicurazione (ad es. molte aree del pubblico impiego), il lavoro sommerso e le nuove categorie tutelate dall'INAIL (ad es. i "collaboratori a progetto"). Il costo complessivo ammontava a quasi 35 miliardi di euro per gli infortuni e a circa 6,8 miliardi di euro per le malattie professionali (risultante dalle stesse componenti della valutazione degli anni '90), così distribuiti:

- prestazioni assicurative: 8,5 miliardi per gli infortuni e 2 miliardi di euro per le malattie professionali;
- costi di prevenzione: 10,9 miliardi per gli infortuni e 2,3 miliardi di euro per le malattie professionali;
- costi indiretti a carico delle aziende e delle vittime e quelli per perdite produttive e danni all'economia in genere: 15,4 miliardi per gli infortuni e 2,5 miliardi di euro per le malattie professionali;
- costo complessivo del sommerso: 4,5 miliardi per gli infortuni e a quasi 1 miliardo di euro per le malattie professionali.
- costi infortuni in itinere: superiore ai 3 miliardi di euro (compresi quelli occorsi ai lavoratori irregolari).

Dalle cifre in gioco, quando si parla di infortuni o malattie professionali, si deve, dunque, sempre essere coscienti che si tratta non solo di vere e proprie tragedie che

ricadono sui lavoratori e sulle loro famiglie, ma anche di danni che ricadono sull'intera collettività che deve farsi carico dei costi diretti e indiretti della malattia o dell'infortunio.

I costi diretti sono associati in modo univoco all'oggetto di costo considerato quale l'incidente, l'infortunio o la malattia professionale, mentre i costi indiretti sono rappresentati da una serie di voci di spesa che sfuggono per la maggior parte alla contabilizzazione ordinaria perdendo il loro aggancio causale con l'infortunio, ma che in realtà sono a esso correlati. Una malattia professionale o infortunio può avere così tanti costi indiretti per i lavoratori che spesso è difficile misurarli. Uno dei costi più evidenti indiretti è la sofferenza umana causata alle famiglie dei lavoratori, che di certo non potrà essere facilmente monetizzata. La dimensione dei costi indiretti è inoltre in relazione inversa alla gravità dell'infortunio. Meno grave è l'infortunio, maggiore sarà il rapporto dei costi indiretti su quelli diretti.

I costi di un infortunio o malattia professionale sono sia a carico del lavoratore (perdita di reddito, possibile perdita del posto di lavoro, costi della sanità, ecc.), sia a carico dell'azienda (assenteismo o assenza per malattia, spese di risarcimento, sanzioni legali, multe, spese legali per procedimenti civili o penali, aumento dei costi di assicurazione (INAIL), riduzione o un arresto temporaneo della produzione riparazione o sostituzione dei mezzi di produzione danneggiati o inadeguati, spese di formazione e di aumento dei costi di gestione, perdita di produttività del lavoratore infortunato dopo il suo ritorno al lavoro, ecc), sia a carico dello Stato (spese ospedaliere, consulti medici, riabilitazione, medicinali, campagne di sensibilizzazione, maggiori controlli, ecc.).

In definitiva, per le aziende, i costi totali di infortuni sul lavoro o malattie professionali risultano essere certamente molto elevati. Per una piccola impresa, il costo anche di un solo incidente può corrispondere a un disastro finanziario. Nel complesso, si stima che i costi indiretti di un infortunio o di una malattia possono essere 4-10 volte superiori ai costi diretti (*Fig. 2.5*).

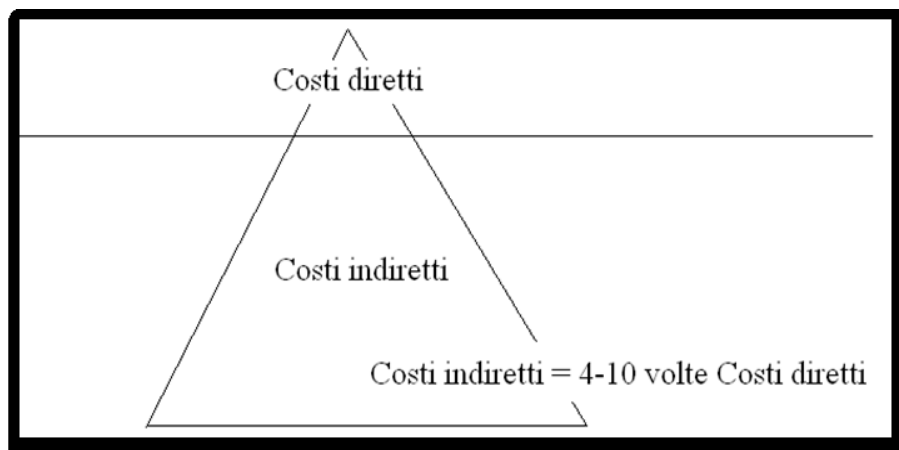



Fig. 2.5 – Costi infortuni e malattie professionali

Attualmente l'Agenzia Europea stima il costo per infortuni e Malattie professionali tra il 2,6% - 3,8% del PIL dell'UE, di cui una grande porzione (tra il 40 e il 50% dei costi) è dovuta ai disturbi muscolo scheletrici. Le stime disponibili sui costi dei WMSDs li posizionano tra lo 0,5 e il 2% del Prodotto Nazionale Lordo.

Se ragioniamo in una logica di Paesi, vediamo che quelli con sistemi di salute e sicurezza meno sviluppati spendono, a causa degli infortuni e malattie professionali, una percentuale di Pil superiore e sono costretti a utilizzare risorse potenzialmente destinabili ad attività più produttive. L'Organizzazione Internazionale del Lavoro (ILO) stima che le malattie professionali e gli infortuni costano fino al 10% del Pil nei Paesi dell'America latina rispetto al 2,6-3,8% dei Paesi UE.

Dunque se la prevenzione costa, investire in prevenzione apporta benefici a tutti, le figure coinvolte per essere certe dei vantaggi della prevenzione devono essere in grado di valutare:

– il costo delle attività di prevenzione (CP);
– il numero delle malattie professionali che potrebbero essere evitate grazie alle attività di prevenzione (il *metodo OCRA* è uno strumento valido in questo difficile passaggio);
– il costo delle malattie professionali, vale a dire il beneficio atteso evitato (CMP).

L'analisi costi benefici deriva dalla formula CP/CPM. Se il rapporto è minore dell'unità il vantaggio economico che se ne ricava è superiore all'impegno finanziario degli interventi di prevenzione.

L'ILO riporta un esempio sul beneficio atteso dalle attività di prevenzione. In Svizzera, infatti, è stato condotto un programma di prevenzione che interessava lavoratori che utilizzavano scale. Il programma prevedeva un pacchetto di formazione che è costato 2,2 milioni USD. Dopo il primo anno si è avuta una riduzione di infortuni di 500 unità. Considerando che un incidente per caduta da scala comporta costi (assicurativi, amministrativi e produzione persa) per circa 8.600 USD vediamo che la riduzione di 500 infortuni ha portato un risparmio di 4,3 milioni USD. In questo caso CP/CMP = 2,2 / 4,3 milioni USD = 0,51.

Da questo esempio si evince che investire in prevenzione e migliorare la salute e la sicurezza negli ambienti di lavoro è conveniente non solo per motivi etici, ma anche per motivi economici. È importante considerare che nel caso di riduzione di infortuni i vantaggi sono immediati mentre nel caso di riduzione delle malattie professionali i vantaggi emergono sul lungo periodo.

2.6 – Ergonomia

L'Ergonomia, secondo la I.E.A. (*International Ergonomics Association*), è quella *scienza che si occupa dell'interazione tra gli elementi di un sistema (umani e d'altro tipo) e la funzione per cui vengono progettati, allo scopo di migliorare la soddisfazione dell'utente e l'insieme delle prestazioni del sistema*. In pratica è quella scienza che si occupa dello studio dell'interazione tra individui e tecnologie, in particolare dello studio delle relazioni che intercorrono tra gli strumenti usati dall'uomo, ad esempio per lo svolgimento delle sue attività lavorative, e le capacità sia fisiche sia psichiche dell'uomo stesso.

Nel 1940 lo psicologo britannico Hywel Murrell coniò il nome di questa nuova scienza unendo due parole greche: *ergon*, cioè "lavoro", e *nomia*, che significa "gestione", "governo". Egli stesso nel 1965 ne diede una prima definizione: "*Studio interdisciplinare del rapporto tra l'uomo e il suo contesto di lavoro, con il fine di assicurare i più elevati livelli di sicurezza e di benessere di chi opera*".

La qualità del rapporto tra l'utente e il mezzo utilizzato è determinata dal livello di ergonomia. Il requisito più importante per determinare questo livello è la sicurezza, seguito dall'adattabilità, l'usabilità, il comfort, la gradevolezza, la comprensibilità, e così via.

Gli studi di ergonomia devono tenere conto di numerosi fattori; ad esempio, devono considerare quali caratteristiche di funzionamento della macchina sono essenziali e non modificabili, e quali possono essere variate per migliorarne l'utilizzo, senza però comprometterne la funzionalità; devono, inoltre, valutare numerose caratteristiche del corpo umano, come i tempi di reazione, la capacità di ripetere una stessa azione in modo continuativo per lungo tempo, quale posizione viene preferibilmente assunta e quale sequenza di gesti viene compiuta per eseguire una certa operazione, quali arti vengono impiegati, ecc. Le ricerche di tipo ergonomico risultano, pertanto, interdisciplinari.

L'ergonomia, dunque, si basa su molte discipline e scienze nello studio degli esseri umani e dei loro ambienti, tra cui antropometria, biomeccanica, ingegneria meccanica, bioingegneria, ingegneria industriale, design industriale, chinesiologia, fisiologia e psicologia. In ergonomia è fondamentale il rapporto uomo - macchina e gli studi di ergonomia si prefiggono di delineare un equilibrio tra uomo e macchina, in modo da rendere sempre più facile ed efficiente l'impiego delle apparecchiature. In tal senso, il termine macchina deve essere inteso in modo ampio: può comprendere dalla semplice biro per scrivere, alla tastiera di un computer, al grande macchinario industriale di una catena di montaggio, fino all'automobile o alla sedia che si utilizza in ufficio.

Le ricerche di tipo ergonomico trovano la loro applicazione nell'ergotecnica, in cui, per opera di progettisti, si realizzano macchine nuove, o si modificano e si migliorano quelle già esistenti, che siano più adeguate a quanto emerge dai risultati di quelle ricerche. Il lavoro degli ergonomi produce, dunque, conoscenze che aiutano altri specialisti, ad esempio progettisti e costruttori, a migliorare la possibilità di utilizzo dei loro prodotti. Le discipline interessate all'oggetto dello studio ergonomico sono:

- Discipline biomediche: fisiologia del lavoro, igiene del lavoro, medicina del lavoro;
- Discipline politecniche: ingegneria, architettura; industrial design;
- Discipline psico-sociali: antropologia, organizzazione del lavoro, psicologia del lavoro, sociologia del lavoro, scienze della comunicazione.

L'incontro interdisciplinare ha come oggetto la verifica del rispetto dei principi ergonomici nella progettazione e realizzazione di sistemi di lavoro. Secondo Grieco *l'Ergonomia, più che una scienze, è una tecnica o metodologia di valutazione e progettazione multi disciplinare che, con il contributo di discipline tecniche, biologiche e psico-sociali studia, in una visione antropocentrica, i reciproci rapporti tra uomo, macchine e ambiente, per garantire lo sviluppo nel pieno rispetto delle risorse naturali.*

Oggi, nell'ergonomia si possono riconoscere quattro livelli di intervento:

- Ergonomia dell'Hardware o Fisica (hardware ergonomics): analisi delle interazioni uomo -macchina (apparecchiatura, dispositivo, attrezzo, ausilio, oggetto);
- Ergonomia dell'Ambiente (environmental ergonomics): analisi delle interazioni uomo -ambiente;
- Ergonomia Cognitiva (cognitive ergonomics): analisi delle interazioni uomo - software;
- Macroergonomia: analisi delle interazioni uomo - organizzazione.

Lo specifico campo di interesse dell'ergonomia, in particolare fisica, rimane tuttavia quello legato a:

- valutazione e progettazione, dimensionale e funzionale, dei posti di lavoro;
- progettazione funzionale delle tecniche e dei tempi di lavoro (ritmi, turni, orari di lavoro)
- analisi delle posture, dei movimenti, e degli sforzi fisici;
- analisi dell'impegno visivo;
- analisi del comfort ambientale;
- analisi dei processi cognitivi.

Le finalità fondamentali dell'ergonomia sono:

A. miglioramento delle condizioni di lavoro:
   - migliorare la sicurezza dell'operatore;
   - migliorare la qualità di vita dell'operatore;
   - migliorare la sicurezza e il confort dell'utente;
   - migliorare la soddisfazione finale del cliente;

B. miglioramento dell'efficacia del sistema di produzione:

– aumentare la quantità di prodotto/servizio;
– migliorare la qualità di prodotto/servizio;
– ridurre i tempi di produzione.

2.7 – Procedure e modelli di valutazione dei WMSDs

Come abbiamo visto, l'Art. 28 comma 1 del D.Lgs. 81/08, ribadisce che il datore di lavoro deve valutare "*tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori*" e fornire prova della metodologia utilizzata. Il *metodo OCRA* viene indicato come metodo "preferito" (norma ISO 11228-3) per la valutazione di tali rischi. Infatti, il *metodo OCRA* (*OCcupational Repetitive Actions*), dopo essere stato segnalato e impiegato in numerosi documenti di consenso e linee guida nazionali e internazionali, è oggi un metodo di valutazione del rischio da movimenti ripetitivi degli arti superiori che viene raccomandato dallo standard ISO 11228-3 (*Ergonomia - Movimentazione manuale - Parte 3: Movimentazione di bassi carichi ad alta frequenza*). Inoltre, il *metodo OCRA,* secondo la norma EN 1005-5, è l'unico metodo previsto per la *valutazione dei movimenti ripetitivi ad alta frequenza*.

In particolare, secondo la ISO 11228-3, la valutazione del rischio si basa su due procedure; una prima procedura di screening iniziale basata sull'uso di una checklist proposta dalla stessa norma (*Checklist OCRA*)*,* e una procedura più dettagliata che rimanda ad affermati metodi di analisi riconosciuti a livello internazionale con un'espressa preferenza per l'*OCRA Index*.

In letteratura sono attualmente disponibili numerose procedure di valutazione del rischio biomeccanico dovuti a movimenti ripetitivi, ognuna delle quali tenta di quantificare, sia pure con diverse concezioni metodologiche, il contributo dei singoli fattori al rischio. Accanto alle cosiddette "liste di controllo" (*Checklist*), organizzate in forma di questionari a struttura più o meno complessa, utili a inquadrare rapidamente le postazioni di lavoro (o le fasi lavorative) più a rischio, ritroviamo protocolli di analisi più complessi che tentano di definire un indice di sintesi derivato dall'integrazione delle informazioni di natura organizzativa, con i dati di natura biomeccanica finalizzati a una ricostruzione più fedele possibile del gesto tecnico preso in esame. I diversi approcci adottati dai vari metodi rischiano in alcuni casi di sottostimare o sovrastimare l'esposizione e tutti si propongono di rivedere le

mansioni da un punto di vista non strettamente produttivo, ma più propriamente ergonomico. Infatti, la valutazione ergonomica del rischio legato alle attività ripetitive consente di programmare interventi di sorveglianza sanitaria, di informazione e formazione rivolti ai lavoratori, e di gestione medica.

Il calcolo numerico degli indici di rischio, consiste generalmente in un processo quantitativo di assegnazione, alle variabili proprie dell'attività (forza, postura, ripetitività), di fattori numerici che ne definiscono il livello di impegno rispetto a indicazioni ottenute attraverso studi epidemiologici, psicofisici, e fisiologici. Dei vari metodi non va utilizzato acriticamente il risultato finale, ma vanno tenuti in considerazione i singoli elementi analizzati. Inoltre, è da rilevare che la maggior parte dei metodi di valutazione è applicabile solo all'analisi di compiti con cicli brevi e ripetitività elevata.

Ad oggi comunque non esiste ancora un modello generale di analisi in grado di fornire una procedura universalmente valida per la quantificazione integrata e sintetica del rischio di traumi associati a movimenti ripetuti.

I modelli più rappresentativi di valutazione del rischio connesso ai movimenti ripetitivi degli arti superiori, sono riportati di seguito:

- *Checklist OCRA (Occupational Repetitive Actions, Occhipinti e Colombini, 2000);*
- *TLV ACGIH (Threshold Limit Value, American Conference of the Governmental Industrial Hygienists, 2000);*
- *OSHA Checklist (Occupational Safety and Health Administration, 2000);*
- *CTD Index (Cumulative Trauma Disorders) (Seth et al., 1999);*
- *OCRA Index (Occhipinti e Colombini, 1996);*
- *Strain index (S.I., Moore and Garg*, *1995*);
- *RULA (Rapid Upper Limb Assessment, Mc Atamney and Corlett, 1993);*
- *Ergonimic stress index (Genaidy et al., 1993).*
- *OWAS (Ovako Working posture Analysis System, Kartu et al., 1977);*

Un progetto di Ricerca e Sviluppo su "Modelli per la gestione dell'ergonomia per la sicurezza sui luoghi di lavoro", effettuato in Piemonte nel 2009, su un campione di 72 aziende ha evidenziato che circa l'85% di esse utilizza almeno un metodo di analisi ergonomica. Di queste, il 33% ne fa uso mediante personale interno, il 44%

mediante personale qualificato esterno e il restante 23% avvalendosi sia di personale interno che consulenze esterne. Dallo studio è stato possibile stilare una lista dei metodi utilizzati in ambito ergonomico. Per quanto riguarda la valutazione dei rischi dovuti a movimenti ripetuti degli arti superiori il metodo OCRA è risultato il più utilizzato, infatti ben 16 aziende impiegano l'OCRA Index e 5 la Checklist OCRA.

La presenza in letteratura di vari metodi per la valutazione di attività a rischio di UL-WMSDs, ha fatto nascere in alcuni autori l'esigenza di volerne sperimentare e confrontarne alcuni, al fine di individuare quale di essi risponda a criteri di ripetibilità, affidabilità e facile applicabilità. Fra gli studi ricordiamo:

– Confronto tra i principali metodi di valutazione del rischio professionale da sforzi ripetuti degli arti superiori (*Ricupero et Della Pasqua, 2007*) in cui vengono messi a confronto quattro metodi (*Checklist OCRA, Strain Index, Checklist OSHA, TLV ACGIH*); lo studio ha evidenziato difformità derivanti probabilmente dalla conoscenza ancora insufficiente sull'importanza di ogni singolo fattore di rischio, la durata dell'esposizione e l'interazione fra i vari fattori di rischio;
– Disturbi muscolo-scheletrici da traumi ripetuti agli arti superiori: sperimentazione di tre metodi di analisi del rischio (*Liotti et al.*, *2004*) in cui sono stati confrontati la *checklist OCRA, l'OCRA Index* ed il *TLV ACGIH;* dallo studio è emerso che i metodi *TLV e OCRA Index* consentono di ottenere rispetto alla *checklist OCRA* più precise informazioni sui fattori che incidono maggiormente sul risultato dell'indice di rischio, processo indispensabile per avviare studi di riprogettazione dell'attività lavorativa;
– Analisi comparata dell'applicazione di quattro metodi per la valutazione del rischio biomeccanico per l'arto superiore (*Apostoli et al., 2004*) in cui sono stati confrontati i risultati dell'applicazione di quattro metodi (*Checklist OCRA, OREGE, Strain Index, ACGIH*); il confronto ha permesso di evidenziare una discordanza tra i metodi nelle situazioni a rischio intermedio, mentre per quelle a rischio assente o elevato i metodi forniscono dati sostanzialmente sovrapponibili.

2.8 – Il metodo OCRA

2.8.1 – Stato dell'arte

Nel 1996 il dott. Enrico Occhipinti e la dott.ssa Daniela Colombini dell'Università degli Studi di Milano e ricercatori dell'Unità di Ricerca "Ergonomia della Postura e del Movimento" EPM, entrambi medici del lavoro ed ergonomi certificati a livello europeo propongono un indice sintetico per la valutazione del rischio da movimenti ripetitivi degli arti superiori (*Occhipinti et Colombini, 1996*). Il metodo da un lato permette una descrizione molto dettagliata del processo lavorativo offrendo notevoli criteri per i successivi interventi di prevenzione e riprogettazione dei posti di lavoro, dall'altro è capace di riassumere, in una visione d'insieme del lavoro, i dati derivati dall'analisi.

Gli stessi autori Colombini e Occhipinti hanno messo a punto nel 2000 una *checklist* mirata all'identificazione del rischio di sovraccarico biomeccanico per una stima preliminare dell'esposizione a movimenti ripetitivi degli arti superiori (*Colombini et al.*, 2000).

Lo stesso anno è stato pubblicato un manuale a cura degli stessi autori (*Colombini, Occhipinti, Grieco, 2000*) profondamente aggiornato e arricchito nel 2005 (*Colombini, Occhipinti, Fanti, 2005*), nel quale vengono descritti in maniera dettagliata entrambe le procedure di valutazione del rischio (*OCRA Index e checklist OCRA*).

Nel corso degli anni il *Metodo OCRA* (*Indice e Checklist*) ha trovato applicazione in diversi comparti: ceramico (*Clerici et al., 2002*), manifatturiero (*Belviso et al., 2004*), tessile (*Balzani et al., 2007*), macelli avicoli (*Caso et al., 2007*), prosciuttifici (*Bagnato, 2008*), laboratori orafi, autocarrozzerie, pastifici artigianali (*Sarto, 2008*), supermercati (*Colombini et Carissimi, 2009.*), attività di pasticceri, pastai e pizzaioli (*Placci et Cerbai, 2011*), attività di apicoltura (*Ruschioni et al., 2011*), produzione di formaggi a pasta filata (*Maggiore, 2011*).

Altri esempi applicativi sono: catene di montaggio, assemblaggio, confezionamento, attività sartoriali (taglio, cucitura e stiratura), lavorazioni nel comparto della ceramica, cernita manuale, stiratura a ferro, attività calzaturiera, occhialerie, legatorie, lavanderie industriali, ed altri ancora.

Con riferimento alle attività che ricadono nell'ambito agricolo, nel 2007, il *metodo OCRA* ha trovato applicazione per la valutazione dei rischi in alcune aziende della Toscana, del Piemonte e delle Marche impegnate nella viticoltura e nella coltivazione del pesco (*Colombini et al., 2007*). Inoltre, il metodo è stato applicato per la per la valutazione del rischio negli addetti alla cernita durante la raccolta del pomodoro da industria (*Monarca et al., 2007).*

Nel 2008 *il metodo OCRA* è stato impiegato per la valutazione del rischio negli stabilimenti caseari (*Porceddu et Rosati, 2008*), in viticoltura e olivicoltura (*Montomoli et al., 2008*) e come esempio applicativo nell'analisi del rischio espositivo a più compiti a rotazione relativi a lavoratori agricoli addetti alla potatura, alla raccolta e al trapianto (*Colombini et Occhipinti, 2008*). Sempre nel 2008, sono stati presentati studi, nei quali il *metodo OCRA* è stato applicato per determinare i rischi a carico degli addetti alle irrorazioni nelle serre (*Schillaci G. et al., 2008; Rapisarda et al., 2008).*

Nel 2009 sono stati presentati i primi risultati della valutazione del rischio da movimentazione manuale dei carichi e da movimenti ripetuti nel comparto floro-vivaistico (*Pressiani*, *2009*), i cui risultati definitivi sono stati presentanti nel 2010 (*Pressiani et Colombini, 2010*).

Nel 2010 il metodo è stato impiegato per la valutazione degli operatori addetti alla cernita manuale di pomodori durante la raccolta meccanica (*Cecchini et al., 2010*).

Nel 2011 la valutazione ha riguardato i movimenti ripetitivi e i rischi muscolo - scheletrici degli arti superiori nei lavoratori impiegati nella produzione di formaggio (*Monarca et al., 2011; Cecchini et al., 2011*) e nelle operazioni di innesto di piante erbacee (*Colantoni et al., 2011).*

2.8.2 – OCRA Index

Rappresenta un indice sintetico di esposizione a movimenti ripetuti degli arti superiori per la valutazione dei fattori di rischio lavorativo che determinano le patologie muscolo-scheletriche. La proposta, derivata da principi fisiologici, biomeccanici ed epidemiologici, ricalca concettualmente la procedura suggerita dal NIOSH per il calcolo del *Lifting Index* nell'attività di movimentazione manuale dei carichi. L'*OCRA Index* scaturisce dal rapporto tra il numero giornaliero di azioni

effettivamente svolte con gli arti superiori in compiti ciclici e il corrispondente numero di azioni raccomandate, calcolate sulla base di una procedura di analisi specifica. Il primo valore è facilmente desumibile dall'analisi del turno di lavoro, mentre il secondo valore è calcolato sulla base di una costante (30 azioni/minuto) rappresentativa di condizioni ottimali che in presenza di elementi peggiorativi subisce un decremento mediante appositi coefficienti correttivi. Questi fattori sono essenzialmente la ripetitività o frequenza d’azione, la forza impiegata, la postura, la stereotipia, la presenza o meno di tempi di recupero, la durata complessiva del lavoro, ai quali vanno aggiunti se presenti alcuni fattori complementari di natura fisico meccanica (uso strumenti vibranti, estrema precisione del compito, esposizione a temperature molto fredde, superficie degli oggetti manipolati scivolosa, presenza di movimenti bruschi o a strappo, ecc.) sia di natura socio organizzativa (presenza di incentivi individuali, ritmi vincolati, inadeguato addestramento, lavoro su oggetti in movimento, cattiva organizzazione del cantiere di lavoro, ecc.) che peggiorano le condizioni lavorative. Il metodo richiede un addestramento approfondito e un gruppo di lavoro interdisciplinare.

Per la classificazione del rischio si adotta un metodo prudenziale, in funzione dei valori assunti dall’indice di esposizione basato sulla logica del “semaforo”. L’*OCRA Index* consente di apprezzare in maniera sintetica i diversi fattori di rischio fornendo intervalli di valori (aree di colore) che corrispondono ad altrettanti livelli di azione (**Tab. 2.3**).

Tab. 2.3 – Fasce di rischio

VALORI ASSUNTI DALL’INDICE	ENTITÀ DEL RISCHIO
OCRA < 2,2	*ASSENZA DI RISCHIO*
2,3 ≤ OCRA ≤ 3,5	*RISCHIO LIEVE O BORDERLINE*
OCRA > 3,6	*RISCHIO PRESENTE*

In definitiva, se:

– OCRA < 2,2 (area verde): l’attività lavorativa non comporta alcun rischio per quanto riguarda le patologie muscolo - scheletriche degli arti superiori;
– OCRA compreso tra 2,3 e 3,5 (area gialla): l’attività lavorativa in esame comporta una probabile, anche se non rilevante, esposizione a rischio per gli addetti. Per

verificare con certezza la presenza del rischio è necessario introdurre interventi di sorveglianza medica per i lavoratori per verificare i possibili effetti indotti (patologie e disturbi);

– OCRA > 3,6 (area rossa): l'attività lavorativa comporta situazioni di rischio tanto maggiori quanto più alto risulta il valore assunto dall'indice. Sono necessari interventi di sorveglianza medica per gli addetti ed una riprogettazione del ciclo lavorativo in esame, perciò bisogna intraprendere iniziative di miglioramento delle condizioni di lavoro. La priorità d'intervento dipenderà dal risultato dell'analisi.

Un'analisi del rischio più dettagliata prevede un'ulteriore suddivisione della fascia rossa di rischio (**Tab. 2.4**).

Tab. 2.4 - Indice OCRA e fasce di rischio

Valori indice	Colore identificativo	Fascia Rischio
OCRA < 2,2	*Verde*	*Accettabile*
2,3 < OCRA < 3,5	Gialla	Borderline o rischio molto lieve
3,6 < OCRA < 4,5	Rossa leggera	Lieve
4,6 < OCRA < 9,0	Rossa media	Medio
OCRA > 9,1	Viola	Elevato

2.8.3 – Checklist OCRA

Consiste in un modello d'analisi sintetico che fornisce una valutazione preliminare del rischio per mansioni lavorative caratterizzate da compiti ripetitivi. L'utilità della checklist nelle indagini ergonomiche risiede nella rapida valutazione del rischio (pre-stima) sia dei luoghi di lavoro (postazioni) sia delle attività lavorative (mansioni) fornendo i risultati in cinque fasce di rischio. La metodologia prende in considerazione numerosi fattori di rischio senza attribuire notevoli differenze per quanto riguarda l'effettivo peso di ciascuno ai fini del calcolo dell'indice finale. La *Checklist OCRA* prevede l'individuazione di valori numerici preassegnati (crescenti in funzione della crescita del rischio) per ciascuno dei quattro principali fattori (tempi di recupero, frequenza, forza e postura) e per i fattori complementari (vibrazioni, compressioni, uso di guanti ecc.) in funzione del tempo di questi che vengono considerati solo se di durata almeno pari a 1/3 del ciclo. La somma dei valori parziali ottenuti produce un'entità numerica, per ogni compito lavorativo, che consente la stima del livello di rischio (**Tab. 2.5**). Così come per l'*OCRA Index*, per la *checklist OCRA* è prevista una classificazione a fasce del rischio. A differenza di

altri metodi, quello *OCRA* consente di valutare un indice complessivo nel caso di più compiti svolti durante il turno di lavoro.

Tab. 2.5 – Punteggi checklist e fasce di rischio

Valori indice	Colore identificativo	Fascia Rischio
5,1< OCRA < 7,5	*Verde*	*Accettabile*
7,6 < OCRA < 11	Gialla	Borderline o rischio molto lieve
11,1 < OCRA < 14	Rossa leggera	Lieve
14,1 < OCRA < 22,5	Rossa media	Medio
OCRA > 22,6	Viola	Elevato

Studi comparativi condotti tra questo metodo e il precedente permettono di poter verificare la relativa corrispondenza tra i risultati ottenuti tra *checklist* e *OCRA Index* attraverso una tabella di conversione dei punteggi (*Fig. 2.6*).

ZONA	VALORI OCRA	VALORI CHECK-LIST	CLASSIFICAZION E DEL RISCHIO	AZIONI SUGGERITE
VERDE	Fino a 1,5	fino a 5	OTTIMALE	NESSUNA
GIALLO-VERDE	1,6 – 2,2	5,1 – 7,5	ACCETTABILE	NESSUNA
GIALLO-ROSSO	2,3 – 3,5	7,6 – 11	BORDERLINE O MOLTO BASSO	CONTROLLI
ROSSO BASSO	3,6 – 4,5	11,1 – 14	BASSO	MIGLIORAMENTI, SORV. SANITARIA, FORMAZIONE
ROSSO MEDIO	4,6 – 9,0	14,1 – 22,5	MEDIO	MIGLIORAMENTI, SORV. SANITARIA, FORMAZIONE
ROSSO ALTO	Più di 9,0	Più di 22,5	ALTO	MIGLIORAMENTI, SORV. SANITARIA, FORMAZIONE, URGENTE

Fig. 2.6 – Classificazione dell'indice OCRA e del punteggio della checklist (Unità di ricerca Ergonomia della Postura e del Movimento)

2.8.4 – Modello previsionale

Gli autori Colombini e Occhipinti, dagli studi effettuati sui lavoratori, hanno ricavato un modello di previsione della frequenza delle patologie muscolo-scheletriche correlate al lavoro degli arti superiori, nella popolazione esposta a movimenti ripetuti, sulla base del valore dell'indice *OCRA*.

Il modello previsionale è espresso da una funzione di regressione semplice di tipo lineare tra la variabile OCRA e la variabile PA (numero di soggetti ammalati di 1 o più UL-WMSDs diagnosticati per 100 lavoratori esposti), espresso dalla seguente

equazione:

PA= 2,39 (± 0,14) x punteggio OCRA

Il modello presenta tra le due variabili un grado elevato di associazione molto significativa ($p<0.00001$); è inoltre in grado di stimare la prevalenza delle patologie attese nei successivi dieci anni in rapporto al grado di rischio con limiti di confidenza al 90%, compresi fra il 5° e il 90° percentile.

Secondo il modello, per valori di *OCRA Index* fino a 2,2 il tasso di prevalenza aumenta di poco e la sua componente occupazionale non è valutabile rispetto ai fattori extraprofessionali determinanti l'insorgenza di queste patologie. Valori compresi tra 2,3 e 4,5 evidenziano un progressivo aumento del tasso di prevalenza e della sua componente occupazionale. Valori superiori a 4,6 producono un eccesso di casi patologici, anche in brevi intervalli di tempo.

2.8.5 – Caratteristiche e limiti nell'applicazione dell'indice e della checklist OCRA

Il metodo *OCRA* è specifico per gli arti superiori, è ritenuto un metodo accurato, preciso e in grado di fornire informazioni esaustive sulla criticità della postazione o del compito lavorativo esaminato tramite l'analisi dei singoli fattori di rischio considerati.

Confrontando il metodo *OCRA* agli altri metodi di valutazione disponibili in letteratura tecnica, è possibile affermare che l'*OCRA Index* si mostra completo in quanto prende in considerazione tutti i fattori di rischio considerati dalla letteratura internazionale alla base dell'insorgenza di patologie muscolo - scheletriche degli arti superiori, compreso i fattori complementari. Conseguentemente, permette di procedere alla riduzione del rischio tramite la progettazione o la riorganizzazione delle postazioni di lavoro o del singolo compito, agendo sullo specifico fattore motivo di criticità. Consente altresì di ottenere una valutazione riferita alla durata dei singoli fattori di rischio, unitamente alla possibilità di procedere alla ponderazione dell'indice sintetico dipendente dall'effettiva durata del compito lavorativo valutato nel turno. Allo stesso modo, occorre non sottacere che trattasi di una metodica complessa che richiede tempo e presuppone, ai fini della sua applicazione, un'adeguata formazione dell'operatore.

La *checklist OCRA* è un metodo di facile e veloce applicazione, ottimizzato per condurre uno screening anche su di un numero elevato di postazioni di lavoro o

compiti differenziati, permettendo una semplice e diretta correlazione dei risultati con quelli propri dell'*indice OCRA*. È sufficientemente flessibile per essere adattato in tutte le realtà produttive indipendentemente dalle dimensioni e risulta essere utile soprattutto nel portare a termine mappature del rischio finalizzate ad identificare le postazioni maggiormente o potenzialmente a rischio, da analizzare in seguito e in maniera esaustiva tramite l'applicazione dell'*OCRA Index*. La *checklist OCRA* non consente di ottenere indicazioni puntuali ai fini della progettazione/riprogettazione delle postazioni di lavoro o dei compiti, seppure consenta come già accennato, di raccogliere informazioni utili per la gestione sia del rischio che del danno.

Infine, entrambi i metodi consentono attraverso un modello matematico previsionale di stimare la prevalenza delle patologie attese nei successivi dieci anni in rapporto al grado di rischio.

In definitiva, il metodo *OCRA*, insieme agli studi epidemiologici che lo corredano e al modello matematico previsionale, consente una valutazione del rischio muscolo - scheletrico ritenuta fortemente aderente alla realtà e per questi motivi esso è stato selezionato come metodo preferenziale dallo standard internazionale ISO 11228-3, e come unico metodo di valutazione dalla norma europea EN 1005-5.

2.9 – Caratteristiche di sicurezza comuni alla macchine agricole

2.9.1 – Macchine agricole

Prima dell'entrata in vigore del DPR 459/96, che ha recepito in Italia la precedente Direttiva Macchine, tutte le macchine agricole, dovevano rispettare in ambito italiano il DPR 547/55 e successive integrazioni, dove erano riportati i requisiti che queste dovevano possedere per essere utilizzabili dai lavoratori. Il DPR 459/96 è stato sostituito dal D.Lgs. del 27 gennaio 2010, n. 17 che recepisce in Italia la Direttiva 2006/42/CE – Nuova Direttiva Macchine.

Le macchine agricole possono essere suddivise in due gruppi, a seconda che siano state immesse per la prima volta sul mercato prima o dopo il 21/09/1996. Le prime, macchine sprovviste di marcatura CE, secondo l'Art. 70 del D.Lgs. 81/08, sono conformi se rispettano i requisiti di sicurezza del DPR 547/55, altrimenti devono essere conformi ai requisiti generali di sicurezza dell'Allegato V del D.Lgs. 81/08, "*Requisiti di sicurezza delle attrezzature di lavoro costruite in assenza di*

disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto, o messe a disposizione dei lavoratori antecedentemente alla data della loro emanazione", mentre le seconde devono fare riferimento alla normativa comunitaria (Direttiva Macchine).

Tutte le macchine agricole, secondo il D.Lgs. n. 17/2010, al momento della vendita (o acquisto) devono essere dotate di:

a. Targhetta di identificazione: le macchine devono essere provviste di una targhetta di identificazione (*Fig. 2.7*), riportante marcatura "CE", i dati del costruttore (nome e indirizzo), l'anno di costruzione, il modello con il numero di serie della macchina; questo per poter disporre di macchine sempre identificabili.

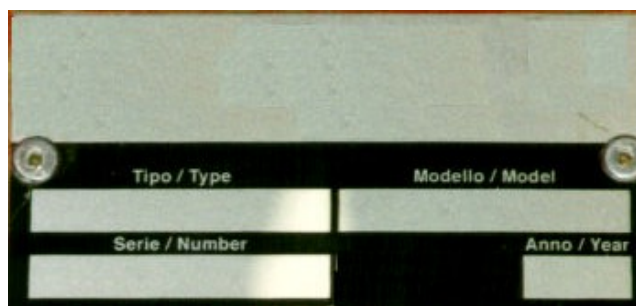



Fig. 2.7 – Targhetta di identificazione

b. La marcatura di conformità "CE" viene apposta sulla macchina in modo visibile, leggibile e indelebile. È vietato apporre sulle macchine marcature, segni e iscrizioni che possano indurre in errore terzi circa il significato o il simbolo grafico o entrambi. Sulle macchine può essere apposta ogni altra marcatura, purché questa non comprometta la visibilità, la leggibilità ed il significato della marcatura "CE". La marcatura "CE" dichiara che il produttore-distributore si assume la responsabilità del prodotto, permettendone la libera circolazione in Europa e l'identificazione dei prodotti non conformi.

c. Manuale di uso e manutenzione: ogni macchina deve essere accompagnata da un manuale d'istruzione per l'uso che è parte integrante della macchina. Esso è il mezzo tramite il quale il fabbricante ed il progettista si rivolgono all'utilizzatore per illustrargli il funzionamento della macchina e le caratteristiche di integrazione uomo-macchina. Il manuale deve fornire le condizioni di utilizzazione previste, la messa in funzione, l'utilizzazione, il trasporto,

l'installazione, il montaggio e lo smontaggio, la regolazione, la manutenzione e la riparazione, se necessario, le istruzioni per l'addestramento degli operatori, e, se necessario, le caratteristiche essenziali degli utensili che possono essere montati sulla macchina.

d. Pittogrammi: ogni macchina deve essere accompagnata dai relativi pittogrammi di sicurezza che inducano l'operatore a porre particolare attenzione, in prossimità dei punti evidenziati, nelle cui vicinanze sussiste un pericolo residuo (*Fig. 2.8*).

Sono poi vietati la fabbricazione, la vendita, il noleggio e la concessione in uso di macchine, d'attrezzature di lavoro e d'impianti non rispondenti alle disposizioni legislative e ai regolamenti vigenti in materia di sicurezza. Chi vende macchine o attrezzi non conformi alle norme antinfortunistiche, ne risponde anche nella fase di intermediazione commerciale, e comunque fino a quando il bene non è formalmente trasferito al nuovo proprietario. A trasferimento avvenuto, il venditore può essere chiamato in causa per rispondere della propria responsabilità. Il venditore al quale ci si riferisce non è esclusivamente il costruttore, ma può essere anche l'imprenditore agricolo che cede ad un terzo un macchinario da lui precedentemente acquistato.

	ATTENZIONE: leggere ed osservare attentamente quanto indicato sul manuale d'uso e manutenzione prima di utilizzare la macchina e prima di effettuare l'ordinaria manutenzione.		ATTENZIONE: prima di effettuare interventi sulla macchina, fermare il motore della trattrice ed estrarre la chiave di accensione.
	ATTENZIONE: accettarsi del verso di rotazione e del numero di giri della presa di potenza.		ATTENZIONE: non avvicinare le mani alle parti in movimento:
	ATTENZIONE: non sostare tra trattrice e macchina operatrice.		ATTENZIONE: pericolo di proiezione di materiale, mantenersi a distanza di sicurezza.
	ATTENZIONE: pericolo di ferimento alle mani. Nel caso d'intervento sulla macchina, non avvicinarsi prima che tutte le parti in movimento siano ferme.		ATTENZIONE: pericolo di ferimento da liquidi in pressione, rimanere a distanza di sicurezza.
	ATTENZIONE: pericolo di schiacciamento, non avvicinare le mani.		ATTENZIONE: pericolo di caduta, non salire e non farsi trasportare dalla macchina.
	ATTENZIONE: pericolo di caduta di carichi sospesi, non sostare sotto a parti sollevate della macchina.		ATTENZIONE: pericolo di impigliamento e trascinamento, non avvicinarsi agli organi in movimento.

Punto di sollevamento

Punto di ingrassaggio

Fig. 2.8 – Esempi di pittogrammi di sicurezza

Durante il lavoro è obbligo degli operatori fare uso dei dispositivi di protezione individuale richiesti dal particolare tipo di lavoro e dall'utilizzo della macchina impiegata (*Fig. 2.9)*.

Fig. 2.9 – Dispositivi di protezioni individuali

2.9.2 – Albero cardanico

Le caratteristiche costruttive dell'albero cardanico devono, in generale rispettare le prescrizioni di sicurezza previste dal D.Lgs. 17/10, allegato I, punto 3.4.7. *"Trasmissione di potenza tra la macchina semovente (o il trattore) e la macchina azionata"*.

Va ricordato che le macchine dotate di albero cardanico devono essere provviste di un sistema di aggancio dell'albero stesso quando la macchina non funziona per evitare che possa essere danneggiato dal contatto con il suolo o con parti della macchina stessa. La Norma stessa specifica, poi, che i dispositivi di protezione (ci si riferisce in particolare ai coperchi fissati al lato della presa di potenza) non possono essere usati come predellini, a meno che non siano progettati e costruiti a tale scopo. Relativamente alle protezioni le stesse devono superare le seguenti prove: montaggio e smontaggio, resistenza a carichi assiali, funzionamento, resistenza a carichi trasversali, prova a freddo, prova d'urto a freddo e prova del dispositivo antirotatorio, effettuate con le modalità specificate dalla Norma tecnica di sicurezza specifica. Quando la macchina è scollegata dalla trattrice l'albero cardanico

deve essere posizionato sull'apposito supporto per evitare che possa cadere. Se staccato e trasportato sulla trattrice non deve cadere e non deve ostacolare la guida.
Gli alberi cardanici devono essere dotati di:

- targhetta identificativa riportante casa costruttrice, modello, anno di costruzione e marchio "CE";
- pittogrammi di sicurezza con gli avvisi di rischio e pericolo residui;
- libretto d'uso e manutenzione che deve fornire informazioni sul costruttore, la dichiarazione di conformità del prodotto, le condizioni di utilizzo, le istruzioni per la messa in opera, per la sostituzione di propri componenti o delle protezioni, per la manutenzione ordinaria, i rischi connessi all'utilizzo.

CAPITOLO III

INTRODUZIONE ALLA PARTE SPERIMENTALE

Al fine di verificare la sussistenza e la consistenza dei rischi connessi al sovraccarico biomeccanico degli arti superiori, sono state effettuate prove e sperimentazioni volte ad approfondire gli aspetti dei rischi muscolo - scheletrici correlati al lavoro in agricoltura. Si è accertato la rispondenza degli indici di più comune uso per la stima del rischio da sovraccarico biomeccanico, con la tipicità del lavoro agricolo, distante in più punti da quello industriale per il quale tali indici sono stati inizialmente pensati.

Composizione e sicurezza parco macchine (capitolo IV). L'attività sperimentale ha preso le mosse da ricognizioni che hanno avuto per oggetto la valutazione della sicurezza del parco macchine di colture di interesse primario nel panorama economico agricolo, quali patate e carote da una parte e vite da vino dall'altra. Ben presto le interviste con gli operatori, inizialmente dirette verso "la macchina", hanno evidenziato necessità di avviare indagini che prendessero in considerazione il "fattore umano" e le malattie lavoro - correlate, prime fra tutte quelle connesse ai rischi muscolo - scheletrici.

Impiego di piattaforme elevabili per la riduzione del rischio muscolo - scheletrico nelle operazioni colturali (capitolo V). Rilevamenti in serra sono stati effettuati con lo scopo di accertare le prestazioni di una macchina innovativa (ENAMA 2007) consistente in una piattaforma semovente con piano di lavoro elevabile in altezza sino a 2,1 metri che funge da alloggiamento per gli operatori durante le operazioni di cura delle piante di pomodoro. Una parte della sperimentazione ha avuto l'obiettivo di verificare i rischi muscolo - scheletrici connessi all'esecuzione della potatura verde (legatura e scacchiatura) da quella quota. Le prove hanno mostrato l'utilità della macchina, che ha reso possibile la coltivazione in serre caratterizzate da notevole altezza (circa 6 metri al colmo), hanno evidenziato il contenimento dell'esposizione al rischio muscolo - scheletrico degli arti superiori ottenuto grazie alla quota regolabile del piano di lavoro (accorgimento

che consente di abbassare le braccia sotto le spalle durante il lavoro) e, infine, di porre in risalto l'influenza della frequenza di lavoro sul valore dell'*Ocra Index*, rispetto ad altri fattori.

Rischio da esposizione a movimenti ripetitivi degli arti superiori nella potatura manuale del vigneto (capitolo VI). Avendo effettuato i suddetti studi sulla valutazione del rischio muscolo - scheletrico durante la potatura verde del pomodoro in serra, e tenendo in considerazione la presenza dei "segnalatori di rischio" (ripetitività, uso di forza, posture, impatti ripetuti) si è ritenuto di effettuare studi sul rischio muscolo - scheletrico connesso alle operazioni di potatura secca della vite. Il taglio invernale dei sarmenti di vite, che si tratti di potatura secca condotta integralmente per via manuale con forbici o cesoie, o con i medesimi attrezzi come rifinitura del passaggio delle prepotatrici meccaniche, è caratterizzato da un lavoro continuo e a frequenza non ridotta. Ciò per via della semplicità, da parte dell'operatore, sia di distinguere velocemente il ramo da tagliare, che per la bassa resistenza al taglio usualmente presentata dai sarmenti. La vite, inoltre, contrariamente ad altre piante arboree (fruttiferi, agrumi) non presenta ostacoli all'avvicinamento del potatore, facilitando l'incremento del ritmo di taglio. Per queste ragioni più autori hanno operato ricerche sui rischi muscolo - scheletrici nella potatura invernale della vite. Preliminarmente, il questionario somministrato agli operatori ha evidenziato la sussistenza di patologie muscolo - scheletriche in misura pressoché generalizzata, indirizzando i successivi rilevamenti in campo. In coerenza alle premesse, le prove effettuate hanno condotto verso punteggi di *Ocra* mediamente elevati, hanno confermato per la potatura invernale l'elevata incidenza del fattore frequenza sugli altri fattori e, inoltre, indotto riflessioni critiche sull'impiego della *scala di Borg*, composta da impressioni soggettive dei lavoratori ed utilizzata per la valutazione della forza impiegata durante i tagli.

Il parametro "forza" nel calcolo del rischio biomeccanico degli arti superiori nella potatura manuale del vigneto (capitolo VII). Sulla scorta delle precedenti esperienze concernenti il calcolo dell'*OCRA Index*, è stata messa a punto, in collaborazione con il CRA-ING di Treviglio, una cesoia sensorizzata (forbice tradizionale sui cui manici sono stati posizionati 5 sensori) capace di rilevare la forza esercitata dalle varie parti della mano durante tagli in laboratorio su tralci di più

vitigni. Le diverse prove hanno fatto registrare sforzi diversi in funzione del vitigno e del diametro. Contestualmente, un panel di operatori è stato intervistato per verificare la corrispondenza del sistema di misurazione applicato alla cesoia con le sensazioni soggettive dello sforzo. Le elaborazioni hanno consentito di validare lo strumento (coerenza dei risultati con la scala di durezza del legno) e di correlare efficacemente i valori ottenuti con le sensazioni degli operatori corrispondenti alle operazioni di taglio (classificazione con la *scala di Borg*). I valori della forza ricavati dalla suddette prove di taglio costituiscono il punto di partenza per la sostituzione, nel calcolo dell'*OCRA Index*, dei parametri soggettivi sulla forza con i valori di quest'ultima rilevati dallo strumento. I valori medi relativi all'intera mano e i valori della regione della mano più sollecitata, ricavati dalle prove di taglio con la cesoia sensorizzata, sono stati convertiti nei punteggi della *scala di Borg* mediante la procedura suggerita dalla norma EN 1005-3 e dallo stesso *metodo OCRA*. Questi punteggi sono stati impiegati per effettuare delle simulazioni di calcolo dell'esposizione con l'obiettivo di verificare se i risultati strumentali sono raffrontabili con quelli ottenuti ricavando la forza dal giudizio dei lavoratori. L'indagine è stata condotta con l'obiettivo di stabilire se e in quali casi può essere conveniente sostituire i valori misurati, convertiti nella *scala di Borg*, ai giudizi soggettivi, che sottintendono quest'ultima, evitando situazioni di sottostima o sovrastima del rischio. L'impiego dei valori medi della regione della mano più sollecitata ha permesso altresì si verificare se per queste regioni può sussistere un'esposizione a rischio maggiore, oscurata dall'impiego dei valori medi riferiti all'intera mano.

Il parametro "frequenza" nel calcolo del rischio biomeccanico degli arti superiori nella potatura manuale del vigneto (capitolo VIII). Così come per la forza, si è voluto verificare l'incidenza della frequenza nel calcolo del rischio di esposizione a movimenti ripetitivi mediante l'*OCRA Index*. I rilievi in campo hanno permesso di accertare una variazione della frequenza di lavoro nel corso della giornata lavorativa e di tracciare la curva della produttività oraria giornaliera. Le frequenze medie orarie di taglio sono state successivamente utilizzate per calcolare indici orari di esposizione. Questi ultimi sono stati confrontati con l'indice di esposizione calcolato con la frequenza media giornaliera allo scopo di evidenziare e

quantificare i momenti della giornata in cui l'esposizione al rischio è superiore alla media giornaliera. L'andamento degli indici calcolati per fascia oraria, del tutto simile all'andamento della curva della produttività, dovrà essere preso in considerazione nel momento in cui si eseguono indagini nel comparto agricolo, caratterizzato da forti difformità della frequenza oraria di lavoro rispetto ad altri comparti produttivi.

CAPITOLO IV

COMPOSIZIONE E SICUREZZA PARCO MACCHINE

4.1 – Premessa

I rischi di natura infortunistica sono determinati da incidenti che causano danni o menomazioni fisiche, più o meno gravi, subite dagli operatori in conseguenza di un impatto fisico - traumatico di diversa natura (meccanico, elettrico, termico, ecc.). Le cause di tali rischi sono da ricercare, almeno nella maggioranza dei casi, in un non idoneo assetto delle caratteristiche di sicurezza inerenti l'ambiente di lavoro, le macchine e apparecchiature utilizzate, le modalità operative e l'organizzazione del lavoro. La riduzione di tali rischi avviene con la ricerca di un equilibrio tra uomo - macchina - ambiente.

Il settore agricolo, in Italia, è al quarto posto per tasso d'incidentalità dopo l'edilizia, il commercio e i trasporti. Infatti, in agricoltura, sono ancora troppi gli infortuni che coinvolgono le macchine agricole. Secondo i dati rilevati dall'ASAPS (Associazione Sostenitori ed Amici della Polizia Stradale) nel 2010 gli incidenti che hanno coinvolto trattrici e i mezzi agricoli sono stati 338 con una media di 28 al mese, con un morto ogni due giorni. Il 72,2% degli episodi si è verificato nelle aree agricole (campi, frutteti, boschi, ecc.) e il restante su strada. Le persone decedute in seguito agli incidenti sono state complessivamente 176 (147 conducenti, 5 i passeggeri e 24 i terzi coinvolti). Nel 2010 sono stati 221 i feriti (121 i conducenti, 12 i trasportati e 88 i terzi coinvolti). In 105 incidenti agricoli (pari al 31,1%) sono stati coinvolti anziani over 65 e in 23 casi (pari al 6,8%) gli incidenti hanno coinvolto lavoratori stranieri. La maggior parte degli incidenti accaduti in campagna si è verificata nei mesi estivi, quando l'attività agricola è più intensa ed è maggiore la presenza di lavoratori *part time* e lavoratori occasionali (*holiday workers*).

Considerato che le nuove trattrici sono caratterizzate da un livello di sicurezza elevato, che dovrebbe limitare grandemente il rischio di infortuni mortali, il lavoro in agricoltura rimane tuttavia rischioso perché si opera in condizioni difficili. Non bisogna, infatti, dimenticare che la postazione di lavoro in agricoltura è senz'altro la

meno strutturata al contrario di quanto avviene in altri settori e che pertanto il lavoratore non viene accolto in un luogo che possa essere reso più o meno facilmente sicuro. I rischi connessi alla carente strutturazione del posto di lavoro appaiono particolarmente gravi per i lavoratori autonomi, poiché essi lavorano a "casa propria" e con modi e abitudini che per queste ragioni divengono ancor più difficili da modificare.

Infine, va ricordato che circa una macchina agricola su tre, fra quelle quotidianamente al lavoro nei campi, è ritenuta obsoleta e non avrebbe più i requisiti per essere ancora in attività. Nonostante ciò, è opinione diffusa considerare il lavoro agricolo poco pericoloso e quindi, meritevole di scarsa attenzione.

In considerazione dell'incidentalità ancora elevata sono state compiute indagini sulla composizione e sicurezza del parco macchine in due comparti agricoli della Sicilia sud – orientale. I due comparti, orticolo di pieno campo (carote e patate) e vitivinicolo, sono assai diversi fra loro ma in comune hanno un'elevata considerazione nei confronti della meccanizzazione delle operazioni colturali. Si può anticipare che le indagini effettuate nelle aziende del campione, come ribadito nelle conclusioni, hanno evidenziato l'esigenza di investigare sui rischi muscolo - scheletrici.

4.2 – Metodologia

4.2.1 – Comparto orticolo da pieno campo

Sono state individuate aziende significative per superfici e per competenze nella coltivazione della carota e della patata nella provincia di Ragusa e Siracusa e, ove possibile, sono state preferite aziende nelle quali viene effettuata anche la commercializzazione del prodotto. L'indagine è stata condotta su un campione di dieci aziende agricole di estensione compresa fra 14 e 1200 ettari (**Tab. 4.1**).

Tab. 4.1 – Le aziende del campione

Azienda	Superfici aziendali (ha)	Carota (ha)	Patata (ha)	Deposito macchine	Officina aziendale	Magazzino confezionamento
A	500	150	270	Si	Si	Si
B	400	50	35	Si	Si	No
C	15	4	9	Si	No	No
D	100	25	25	No	No	Si
E	65	10	10	Si	No	Si
F	1200	120	250	Si	Si	Si
G	14	-	14	No	No	No
H	150	50	50	No	Si	Si
I	56	10	15	Si	Si	Si
L	320	110	10	Si	No	Si

Nel campione sono presenti aziende di dimensione assai diversa fra loro, alcune delle quali dotate di contatti commerciali con l'estero ed in 7 casi dotate di magazzino di confezionamento proprio. Anche le aziende più piccole sono comunque distinte da notevole vivacità imprenditoriale. Una di esse esegue prestazioni per conto terzi e ciò determina, se possibile, un'attenzione ancora maggiore verso la scelta, la manutenzione e l'efficienza delle macchine. La metà delle aziende è dotata di officina e di personale in grado di eseguire le operazioni di manutenzione.

Mediante visita diretta e con l'assistenza del personale tecnico, è stata condotta una ricognizione del parco macchine procedendo alla compilazione di schede di controllo, al fine di accertarne la composizione e la situazione con riferimento alle condizioni di sicurezza.

Per ciascuna macchina operatrice esaminata sono stati rilevati i dati relativi a marca, modello e data di prima commercializzazione. Inoltre, l'ispezione ha riguardato la presenza dell'etichetta d'identificazione della macchina e dei pittogrammi di sicurezza, la condizione delle condotte idrauliche e, infine, le condizioni generali della macchina prendendo in considerazione la verniciatura del telaio, le condizioni del gancio di traino e della struttura di aggancio all'attacco a tre punte tenendo conto dello stato di usura e dell'eventuale presenza di cricche e di deformazioni evidenti. In caso di presenza di trasmissioni meccaniche, l'indagine ha riguardato, inoltre, le condizioni delle protezioni della presa di potenza, la presenza o assenza dei cofani di protezione e l'accertamento di eventuali modifiche. È stata rilevata altresì la presenza o meno della marcatura "CE" e del manuale d'uso e manutenzione; secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

4.2.2 – Comparto viticolo

L'indagine è stata condotta su un campione di aziende vitivinicole dell'area etnea (Provincia di Catania) nelle quali sono state esaminate le motrici e le macchine operatrici impiegate nelle operazioni colturali del vigneto. Tutte le aziende osservate sono ubicate parzialmente all'interno del "Parco dell'Etna", e ricadono all''interno degli areali di produzione dei vini DOC "Etna ed Etna Bianco Superiore".

Sono state rilevate 11 aziende con superficie complessiva di 207 ettari. La fascia di altitudine interessata si estende da 500 a 850 metri s.l.m. I terreni di questa fascia sono di origine vulcanica e spesso con roccia madre affiorante. L'eccessiva pendenza di alcune zone è stata corretta con terrazzamenti o ciglionamenti più o meno ampi e, come spesso accade nel massiccio etneo, non sono presenti superfici irrigue.

Ai fini della valutazione delle condizioni di sicurezza, mediante schede di controllo, per ciascuna macchina esaminata, sono stati rilevati i parametri imposti dal D.Lgs. 17/10. In particolare gli accertamenti hanno riguardato: marca e modello, presenza della targhetta d'identificazione con marcatura "CE" e data di prima commercializzazione. Inoltre, sempre secondo la norma citata, è stata riportata la presenza, dove previsti, dei pittogrammi di sicurezza relativi ai rischi residui e la presenza dei carter di protezione.

Per le trattrici è stato rilevato il tipo di trazione, la presenza o meno della cabina e dei dispositivi di protezione e ritenzione del conducente in caso di ribaltamento (ROPS e cinture di sicurezza). Per limitare il principale rischio di questa macchina (ribaltamento), tutte le trattrici devono essere equipaggiate con una struttura di protezione (ROPS) di tipo approvato o omologato. Le trattrici immesse sul mercato dopo il 1° gennaio 1974 devono essere dotate di telaio contro il ribaltamento. Il telaio deve essere conforme alla circolare del Ministero del Lavoro n. 49/81 e deve essere installato da una ditta competente che rilasci Certificato di Installazione. Per le trattrici utilizzate in vigneti, frutteti o in altra situazione dove, per ragioni operative, è impossibile adottare la struttura fissa contro il ribaltamento, deve essere adottato un telaio abbattibile e dove ciò non sia possibile devono essere fornite all'operatore tutte le informazioni in merito al rischio e alle soluzioni alternative predisposte dal datore di lavoro. Le cinture di sicurezza, se non previste

all'origine dal costruttore della trattrice, devono essere installate, permettendo il molleggio del sedile e garantendo la solidità dei punti di ancoraggio. È pertanto necessario sostituire il sedile con un altro provvisto di cinture o di altro idoneo sistema di ritenzione del conducente, che garantisca la solidità e gli spazi di manovra del sedile originale. Nel corpus delle norme si inserisce la circolare interpretativa n. 11/2005 che fa risalire l'obbligatorietà al D.Lgs. 626/94. Interviene altresì il documento ISPESL riguardante le norme tecniche per l'adeguamento dei trattori ai requisiti minimi di sicurezza (dicembre 2008) che attua il punto 2.4 della parte II dell'allegato V del D.Lgs. 81/08.

Sono state infine esaminate le protezioni degli alberi cardanici rinvenuti collegati alle macchine operatrici.

4.3 – Risultati

4.3.1 – Comparto orticolo da pieno campo

Sono state esaminate complessivamente 87 macchine operatrici delle quali 56 azionate dalla presa di potenza.

Delle macchine operatrici non azionate dalla presa di potenza fanno parte aratri a vomere, aratri a dischi, discissori e coltivatori. Non si sono riscontrati erpici a dischi, pur essendo macchine molto diffuse nei seminativi. Sono state incluse in questo gruppo le macchine piantatuberi, nelle quali la trasmissione è azionata tramite la ruota di sostegno. Delle 31 macchine esaminate (**Tab. 4.2**), 18 (58%) risultano commercializzate per la prima volta in epoca antecedente l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96. Tutti gli aratri, coltivatori e scarificatori, risultano sprovvisti di manuale d'uso e manutenzione. La maggior parte delle macchine è sottoposta regolarmente alla sostituzione delle parti rotte e usurate. Quelle più vecchie sono state riverniciate e hanno subito rinforzi alle strutture del telaio. Tali modifiche, aggiunte alla riverniciatura, nella maggior parte dei casi, non permettono di rilevare la marca e il modello della macchina. Per quanto riguarda le 2 piantatuberi commercializzate per la prima volta dopo l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96, nessuna presenta marcatura "CE", manuale d'uso e manutenzione, etichetta identificativa, pittogrammi di sicurezza. In entrambe è presente la protezione degli organi di trasmissione ed entrambe hanno subito modifiche, riguardanti il rinforzo

della struttura, l'aumento della capacità della tramoggia, l'aggiunta di pedane posteriori per agevolare l'operazione di carico.

Tab. 4.2 – Macchine non azionate dalla presa di potenza

Macchine esaminate	D.P.R. 459/96 Tot/Prima/Dopo	Marcatura CE	Manuale	Targhetta	Pittogrammi
Aratro	6/3/3	6	0	2	0
Aratro a dischi	4/3/1	1	0	1	0
Coltivatori	9/5/4	1	0	2	1
Discissori	4/1/3	1	0	0	2
Piantapatate	8/6/2	0	0	0	0
Totale	**31/18/13**	**9**	**0**	**4**	**3**

Tra le macchine operatrici azionate dalla presa di potenza il 57%, è risultata commercializzata per la prima volta dopo l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96. Ai parametri già esaminati per il campione precedente sono presi in considerazione le condizioni della protezione della presa di potenza, la presenza o assenza dei carter o cofani di protezione, la presenza di modifiche. I risultati dell'indagine, per tipologia di macchina, sono riportati nella tabella che segue (**Tab. 4.3**).

Tab. 4.3 - Macchine azionate dalla presa di potenza

Macchine esaminate	D.P.R. 459/96 Tot/Prima/Dopo	Marcatura CE*	Manuale*	Targhetta*	Pittogrammi*	Carter*	Modifiche	Protezione pdp*
Zappatrici	10/6/4	1-4	1-4	1-4	1-4	6-4	2-0	1-4
Aiuolatrici	8/2/6	2-6	2-6	0-5	0-5	2-6	2-2	2-2
Trinciatrici	5/0/5	0-5	0-5	0-5	0-3	0-5	0-0	0-4
Spandiconcime centrifughi	6/3/3	0-3	0-3	0-3	3-3	-	3-0	3-0
Seminatrici	5/1/4	1-4	1-4	1-4	0-4	-	0-1	0-2
Macchine Difesa	6/2/4	0-2	0-2	0-2	0-2	-	2-2	1-3
Raccolta Carote	10/7/3	0-3	0-3	0-3	0-3	0-2	7-3	-
Scava-andanatrici	4/2/2	0-1	0-0	0-0	0-1	0-0	2-2	0-0
Scava-raccoglitrici	2/0/2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2
Totale	**56/23/33**	**4-30**	**4-29**	**2-28**	**4-27**	**8-21**	**18-12**	**7-17**

* Numero di macchine rilevate prima e dopo l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96

Le macchine per la difesa esaminate sono irroratrici a barra per trattamenti diserbanti al terreno e fitosanitari alle colture erbacee. Nella maggior parte dei casi, le macchine irroratrici non sono sottoposte a regolare manutenzione. Questa viene eseguita quasi esclusivamente al verificarsi di vari inconvenienti durante l'utilizzo, inconvenienti tali da compromettere il funzionamento dell'attrezzatura, come l'occlusione degli ugelli, la rottura di tubazioni e l'otturazione dei filtri. Tutte le macchine raccoglitrici

sono state sottoposte a modifiche; quelle più rilevanti riguardano la modifica degli organi di scavo, dei dispositivi di trasporto del prodotto, l'aggiunta di una pedana posteriore dove si sistema un operatore incaricato di controllare il regolare funzionamento del nastro trasportatore delle carote verso il cassone di carico. Le scava-andanatrici sono state modificate per migliorare la raccolta ed evitare guasti durante l'operazione. Le modifiche riguardano la sostituzione delle zappette singole con un'unica lama, che permette di regolare oltre alla profondità anche l'inclinazione; modifica alla trasmissione (aggiunta di catene oltre a quelle installate dal costruttore). Tali modifiche, dovrebbero imporre una manutenzione costante e accurata che spesso viene trascurata.

Infine, sono stati visionati tutti alberi cardanici (il totale 33) trovati collegati alle macchine prese in esame. Di questi, 17 sono risultati sprovvisti delle protezioni previste dalle normative, in 8 la protezione non era integra o gli alberi erano solo parzialmente protetti, mentre solo 9, nel complesso del campione, presentavano targhette di avvertimento e segnalazione.

4.3.2 – Comparto viticolo

Ai fini della valutazione della sicurezza sono state complessivamente esaminate 73 macchine (18 trattrici, 55 macchine operatrici, delle quali 36 azionate dalla presa di potenza e 19 non azionate). L'indagine ha riguardato pure 33 alberi cardanici.

Trattrici agricole. Fra le 18 trattrici rilevate si contano 4 trattrici con cingoli, 9 a quattro ruote motrici (4RM) e 3 a quattro ruote motrici isodiametriche (4RM iso)**.** In totale 3 trattrici sono cabinate, 15 sono sprovviste di cabina, 14 sono dotate di ROPS. Solo una trattrice cingolata su 4 risulta in regola. Le cinture di sicurezza sono presenti solo su 3 modelli, acquistati piuttosto recentemente (**Tab. 4.4**).

Macchine operatrici. Fra le macchine non azionate dalla presa di potenza (**Tab. 4.5**) erano presenti nel campione: carrelli (rimorchi), coltivatori ed erpici. Delle 19 macchine prese in esame, 10 (53%) sono state commercializzate prima dell'entrata in vigore del D.P.R. 459/96, 9 dopo (47%). Solo in 6 casi è stato possibile rilevare la marca della macchina. Le macchine acquistate più recentemente presentano la struttura del telaio in buone condizioni, mentre le macchine più vecchie si presentano parecchio usurate e arrugginite, anche perché in genere sono riposte all'aperto.

Tab. 4.4 – Trattrici agricoli esaminate

Trattrice	Anno	Tipo di trazione	Potenza kW	Cabinata	ROPS	Cinture
1	2006	4RM iso	37	no	si	si
2	1973	Cingolata	40	no	no	no
3	1973	Cingolata	40	no	no	no
4	1990	Cingolata	51	no	no	no
5	1995	4RM iso	40	no	si	no
6	2005	4RM iso	44	no	si	no
7	1991	4RM	44	no	si	no
8	1990	Cingolata	44	no	no	no
9	2006	4 RM	62	si	integrato	si
10	2006	4RM	62	si	integrato	si
11	1995	4RM	40	no	si	-
12	2000	Cingolata	40	no	si	-
13	2004	4RM	55	no	si	-
14	2001	4 RM	55	si	integrato	
15	1998	4RM	52	no	si	-
16	1997	4RM	52	no	si	no
17	2003	4RM	55	no	si	-
18	1989	4RM	44	no	si	no

Tab. 4.5 – Macchine non azionate dalla presa di potenza

Macchine esaminate	D.P.R. 459/96 Tot/Prima/Dopo	Marcatura CE	Manuale	Targhetta	Pittogrammi
Carrelli	5/3/2	2	2	2	0
Coltivatori	9/4/5	3	3	3	0
Erpici	5/3/2	2	2	2	2
Totali	**19/10/9**	**7**	**7**	**7**	**2**

Fra le macchine azionate dalla presa di potenza (**Tab. 4.6**) sono state rilevate: zappatrici, trinciasarmenti, spandiconcime centrifughi e irroratrici. In totale sono state esaminate 36 macchine; delle quali 7 (19,5%) sono state commercializzate prima dell'entrata in vigore del D.P.R. 459/96 e 29 successivamente (80,5%).

Tab. 4.6 – Macchine azionate dalla presa di potenza

Macchine esaminate	D.P.R. 459/96 Tot/Prima/Dopo	Marcatura CE*	Manuale*	Targhetta*	Pittogrammi*	Carter*	Protezione pdp*
Zappatrici	13/2/11	0-10	0-11	0-10	0-8	1-11	0-5
Trinciatrici	6/1/5	0-4	0-4	0-4	0-4	0-5	0-5
Spandiconcime centrifughi	4/1/3	0-3	0-3	0-3	0-3	-	0-0
Macchine Difesa	13/3/10	0-7	0-8	0-7	0-6	-	0-8
Totale	**36/7/29**	**0-24**	**0-26**	**0-24**	**0-21**	**1-16**	**0-18**

* Numero di macchine rilevate prima e dopo l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96

Delle macchine esaminate solo due non avevano il carter di protezione degli organi di trasmissione del moto. Discorso a parte per quanto riguarda la cuffia di protezione

della presa di potenza; solo 18 macchine erano dotate di cuffia, nei restanti casi la cuffia era rotta o del tutto assente.

Alberi cardanici. La valutazione degli alberi cardanici ha riguardato solamente gli alberi trovati collegati alle macchine prese in esame. In tutto sono stati controllati 33 alberi cardanici, 12 dei quali sono risultati sprovvisti delle protezioni previste dalle normative. Dei 21 alberi cardanici provvisti di protezione, in 6 casi la protezione non era integra o gli alberi erano solo parzialmente protetti.

4.4 – Discussioni

Ai fini della valutazione della sicurezza sono state complessivamente esaminate 160 macchine, fra le quali 18 trattrici e 142 macchine operatrici, delle quali 92 azionate dalla presa di potenza e 50 non azionate. L'indagine ha riguardato pure 66 alberi cardanici.

Nel complesso, tra le macchine operatrici non azionate dalla presa di potenza, più della metà (56%) è risultata commercializzata per la prima volta in epoca antecedente l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96. La totalità degli aratri, coltivatori e scarificatori, è risultata sprovvista di manuale d'uso e manutenzione.

Tra le macchine operatrici azionate dalla presa di potenza, il 67% è risultata commercializzata per la prima volta dopo l'entrata in vigore del D.P.R. 459/96. Anche fra queste, non tutte presentano marcatura "CE" e risultano provviste di manuale d'uso e manutenzione. La maggior parte risulta priva di cuffia di protezione della presa di potenza, carter di protezione degli organi di trasmissione del moto, di pittogrammi di sicurezza. Più della metà è risultata modificata. Nella maggior parte delle macchine agricole esaminate, le condizioni di sicurezza sono risultate carenti per insufficiente manutenzione dei carter di protezione e dei dispositivi di sicurezza o dell'assenza degli stessi.

Dal confronto dei parchi macchine dei due comparti, è possibile affermare che quello impiegato in viticoltura risulta più moderno. Infatti, il 69% delle macchine è stato acquistato dopo il 1996, contro il 53% del parco macchine impiegato in orticoltura. Nonostante ciò, per quanto riguarda gli aspetti più indicativi della sicurezza, cioè la presenza delle coperture (carter) degli organi di trasmissione del moto e la presenza delle protezioni della presa di potenza, non esiste sostanziale

differenza, infatti, l'assenza di tali componenti si attesta a circa il 50% del campione in entrambi i comparti.

Per quanto riguarda gli alberi cardanici, solo 23 su 66 esaminati, pari a $^1/_3$ del campione, è da ritenersi sicuro. I restanti o non possedevano nessuna protezione o quest'ultima era rotta e non proteggeva completamente l'albero.

Per quanto riguarda le 18 trattrici esaminate, tutte nel comparto vinicolo, solo 3 presentavano le cinture di sicurezza e solo una trattrice cingolata su 4 è risultata in regola.

4.5 – Conclusioni

Nel complesso, il settore vitivinicolo sembra presentare una certa carenza nei riguardi di macchine specializzate per la viticoltura e sembra pertanto necessitare una maggiore presenza di macchine evolute se non innovative. Il settore orticolo oltre a presentare numerose macchine di impiego comune (aratri, coltivatori, erpici, zappatrici, trinciatrici, ecc.) e risulta sufficientemente dotato di macchine tipiche (seminatrici, aiuolatrici) e macchine specializzate (pianta tuberi, macchine per la raccolta).

I rilevamenti effettuati consentono di affermare che, pur con possibili distinzioni per ambedue i settori investigati, si registrano ampi spazi di miglioramento nelle condizioni di sicurezza delle macchine. Da evidenziare che la consuetudine di eseguire all'interno dell'azienda modifiche anche importanti si è andata affievolendo nel corso degli anni a cause delle responsabilità civili e penali connesse alle modifiche effettuate da ditte diverse da quelle autorizzate.

Le ricognizioni hanno mostrato alcuni punti critici, rappresentati principalmente dalle protezioni dell'albero cardanico e dalle coperture degli organi di trasmissione. Si può affermare che sarebbe possibile effettuare una valutazione di massima dello stato di sicurezza di un intero parco macchine, verificando per primi questi due elementi prima ancora di procedere a una puntuale ricognizione dello stato manutentivo di ciascuna macchina. Ai fini di una valutazione speditiva delle condizioni di sicurezza di un parco macchine, potrà altresì essere significativa la presenza e integrità dei libretti d'uso e manutenzione, nonché dei pittogrammi che indicano i rischi residui.

Più in generale, da quanto rilevato in merito alle condizioni di sicurezza del parco macchine, si può affermare che un numero non trascurabile di operatori agricoli risulta scarsamente sensibile ai pericoli connessi all'utilizzo delle macchine operatrici e trattrici e continua a essere visibilmente restia all'applicazione della normativa vigente sulla sicurezza. In particolare:

– da parte dei datori di lavoro l'adeguamento alle norme di sicurezza continua a essere visto come un costo aggiuntivo, ritenendo peraltro che il rischio dei lavoratori venga coperto da un'assicurazione obbligatoria;
– i lavoratori, ai quali la normativa affida anche responsabilità di controllo sulle misure di sicurezza, nella maggior parte dei casi, non appaiono realmente preparati a questo ruolo e si trovano in difficoltà a esercitarlo.

Concludendo, l’obsolescenza delle macchine aumenta il rischio d’incidenti sul lavoro e ad essa si aggiunge il progressivo invecchiamento degli addetti al settore agricolo. Tuttavia, il permanere alto del numero degli infortuni mostra con chiarezza che occorre cercare la sicurezza anche altrove e in particolare nelle azioni e nei comportamenti, ovvero nella formazione e nella motivazione. Si ha motivo di ritenere, infatti, che una formazione continua e campagne motivazionali mirate a favore della sicurezza avrebbero effetti significativi nella riduzione degli incidenti e nel miglioramento della produttività degli addetti sul lavoro.

Un positivo effetto potrebbe avere la divulgazione dei risultati delle ricerche intorno alle economie sociali e soprattutto aziendale ottenibile mediante una buona prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali.

Infine, le interviste realizzate durante le ricognizioni agli operatori, al personale tecnico, ai datori di lavoro hanno evidenziato la necessità di approfondire, nel prosieguo delle operazioni sperimentali, le tematiche riguardanti i rischi di tipo trasversale, individuabili all’interno della complessa articolazione che caratterizza il rapporto tra lavoratore ed organizzazione del lavoro. Tale rapporto comprende compatibilità ed interazioni di tipo ergonomico, psicologico e organizzativo. Questo ha orientato le successive attività sperimentali condotte nell’ambito della tesi verso le tematiche connesse alle malattie lavoro - correlate e in particolare quelle associate al rischio muscolo - scheletrico.

CAPITOLO V

IMPIEGO DI PIATTAFORME ELEVABILI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO MUSCOLO SCHELETRICO

5.1 – Premessa

La coltivazione del pomodoro in serra si avvale di operazioni colturali specifiche, quali la potatura verde (defogliazione, scacchiatura e legatura, cimatura), applicazioni di sostegni, trattamenti fitosanitari, raccolta manuale. Una ricognizione preliminare ha evidenziato la presenza di segnalatori di rischio muscolo - scheletrico quali la ripetitività e l'alta frequenza dei movimenti, nonché posture scorrette. Taluni interventi, inoltre, vengono eseguiti in quota incrementando i rischi connessi alle cadute e alle posture scorrette.

Le piattaforme elevabili sono già note per gli effetti di attenuazione del rischio muscolo scheletrico negli interventi colturali di pieno campo che vengono usualmente condotti con le braccia spesso innalzate al di sopra delle spalle, quali potatura e raccolta (*External Service for Prevention and Protection at Work*). In serra esse possono mostrare la loro utilità nel corso di operazioni di collocazione e manutenzione degli impianti aerei che vi sono spesso presenti (condotte idriche, fili metallici di sostegno, ecc.).

In seguito a tanto, in parallelo ai rilevamenti sulle prestazioni di una piattaforma semovente multifunzione ad azionamento elettrico (*Progetto ENAMA, 2007*), sono state condotte, in collaborazione tra il CRA-ING di Treviglio, prove specificamente indirizzate a verificare il rischio muscolo - scheletrico degli arti superiori durante l'esecuzione della potatura verde mediante l'impiego della piattaforma elevabile (*Fig. 5.1*).

Fig. 5.1 – Potatura verde del pomodoro mediante impiego di piattaforme elevabili

5.2 – Materiali e metodi

5.2.1 – Materiali

La serra dove sono state eseguite le prove è ubicata in provincia di Ragusa (nel sud est della Sicilia). Ha una superficie di circa 5.000 m^2 e la struttura metallica è coperta da un film plastico. La quota al colmo è di 5,8 metri e la struttura è suddivisa in 10 campate, ognuna lunga 70 metri e larga 9 metri. All'altezza minima (compluvio) di 3,80 metri è collocata una rete di condotte in PE con sprayers. Durante i mesi invernali le tubazioni del circuito chiuso del riscaldamento, anch'esse in PE, vengono poste vicino al colletto della pianta al fine di eseguire il riscaldamento basale.

Le piante di pomodoro poste in file binate, sono state trapiantate il 25 luglio 2008 su suolo tendenzialmente sabbioso pacciamato con telo nero. La distanza tra le file binate è 1,80 metri, quella tra i filari di una bina è 0,85 metri mentre la distanza tra le piante lungo il filare è 0,70 metri. Fili di sostegno di plastica sono posti a una distanza di 0,35 metri l'uno dall'altro e per ogni filare di piante vi è un filo di ferro di supporto posto a un'altezza di 3,70 metri; la distanza tra la coppia di fili è di 0,60 m. L'irrigazione è eseguita attraverso una condotta forata (15 mm) in PVC, posta sotto il telo. Durante i rilevamenti (05/02/09) le piante erano alte mediamente 2,73 metri.

La piattaforma mobile è dotata di organi di locomozione costituiti da cingoli di gomma, batterie, motore elettrico per l'avanzamento, appropriata trasmissione e riduttori. La piattaforma di lavoro sulla quale vengono eseguiti i lavori è modificabile

in altezza ed è dotata di un apposito sistema di sicurezza. Due ruote di supporto (*Fig. 5.2*) sono applicate nella parte anteriore per aumentarne la stabilità in caso di superamento di ridotti dislivelli. Al fine di garantire il transito negli interfilari della serra, le dimensioni complessive del mezzo, trasversali e longitudinali sono rispettivamente 0,60 metri e 0,90 metri. Il carrello dei cingoli, insieme ai cingoli e le ruote di supporto semirigide, partecipano all'incremento della sicurezza e del bilanciamento del mezzo. Per operare efficacemente dalla parte superiore delle piante, il piano elevabile è stato posto a un'altezza di 1,70 metri. Affinché i 2 operai possano adempiere le loro mansioni, la piattaforma ha una base che misura [1,15 x 0,50 m]. La guida è effettuata dall'operatore posto anteriormente per mezzo di una semplice consolle dotata di un pedale per il consenso all'avanzamento, mentre la velocità viene selezionata tramite un cambio meccanico da utilizzare prima della partenza. Il cambio di direzione, così come le variazioni di traiettoria durante l'esecuzione dei lavori, è eseguito manualmente ancora dal primo operatore in quale disinserisce il cingolo interno alla svolta mediante un manubrio regolabile in altezza. La macchina ha una massa totale pari a 280 kg, la quota della piattaforma, sorretta da un sistema a parallelogramma, è regolabile da 1,13 metri a 2,10 metri. Nella parte più bassa del telaio portante sono ricavati gli alloggiamenti per i 2 accumulatori da 12 V e 155 Ah connessi in serie, in grado di garantire un'autonomia massima di 20 ore. I rilievi hanno interessato la legatura delle piante sui fili verticali di supporto e l'operazione di scacchiatura che può essere contemporaneamente eseguita.

Fig. 5.2 – Cingoli con ruote di supporto

5.2.2 – Metodi

I dettagli del lavoro sono stati annotati e rilevati così come i tempi e le modalità di esecuzione delle operazioni. Inoltre, sono state eseguite videoriprese al fine di calcolare gli *indici OCRA* riguardanti le operazioni esaminate. Veniva registrato il numero di piante lavorate da ognuno dei due operatori durante ogni sosta del veicolo.

In tal modo sono stati ricavati il tempo impiegato per completare ciascuna fila, nonché i tempi di voltata, di sosta lungo ogni fila (corrispondente al lavoro svolto sulle piante), di trasferimento da una postazione all'altra; nonché, infine, il numero di piante lavorate durante ogni sosta, suddivise nei due filari della bina. Per l'analisi dei dati è stata misurata la correlazione tra il numero di piante e il tempo di stazionamento lungo la fila per cercare una corrispondenza tra le misure. Quindi è stata fatta la somma tra i tempi di lavoro e quelli di sosta per ricavare i tempi unitari. Il tempo registrato per ogni unità di lavoro (stazionamento e spostamento verso la postazione successiva) è stato diviso per il numero di piante lavorate e i risultati sono stati elaborati con ANOVA per valutare l'eguaglianza fra i valori medi. Per svolgere questa analisi ogni fila è stata divisa in tre "sotto-file" (ripetizioni). In questo modo l'analisi della varianza rende possibile accertare la significatività tra le file e le ripetizioni.

5.3 – Risultati e discussioni

5.3.1 – Descrizione e organizzazione del lavoro

Il lavoro esemplificato consiste nell'avvolgere, con le mani, il fusto della pianta di pomodoro (allevato verticalmente in serra) attorno ad un filo verticale di sostegno. L'operazione è svolta dai 2 lavoratori posti sopra la piattaforma mobile. Ogni singolo operatore lavora alzato in piedi sulla piattaforma e utilizza in modo diverso gli arti superiori destro e sinistro. Entrambi i lavoratori sono destrorsi, e svolgono l'azione principale con la mano destra. L'operatore con la mano sinistra afferra e tiene il fusto della pianta e contemporaneamente con la mano destra avvolge il fusto attorno al filo verticale di sostegno. L'attività è unica per tutta la durata del turno lavorativo e non richiede particolare sforzo ma un movimento ripetuto degli arti superiori, cioè, l'attività è caratterizzata dalla presenza di una stereotipia dei gesti mantenuta per oltre i $^{2}/_{3}$ del tempo del ciclo.

Il turno lavorativo è di 8 ore (480 minuti) non consecutive, 5 ore effettuate di mattina fra le 7 e le 12, una pausa mensa di 1 ora (60 minuti) fra le 12 e le 13, 3 ore pomeridiane fra le 13 e le 16. Oltre alla pausa mensa non sono previste altre pause ufficiali intermedie chiaramente identificabili e ricorrenti, ma gli operatori sono liberi

di interrompere il lavoro a loro discrezione (stanchezza, bere, telefonare, ecc.). È possibile sostenere che in ogni ora di lavoro vi è una pausa di 3 minuti (recupero X).

L'operatore distende il braccio sinistro in avanti, afferra con la mano la pianta e il filo, trae leggermente pianta e filo verso di sé, mantiene la presa durante il ciclo, restando con il braccio flesso (angolo superiore a 45°, *Fig. 5.3*). Nel frattempo distende il braccio destro in avanti per raggiungere la vegetazione, e avvolge il fusto della pianta attorno al filo con movimenti di flessione ed estensione del polso, prono-supinazioni del gomito, e una leggera presa di precisione della mano (in media l'avvolgimento della pianta attorno al filo richiede 3 movimenti di questo tipo), rimanendo con il braccio flesso (angolo superiore a 45°, *Fig. 5.3*). Terminato, rilascia con la mano sinistra la pianta e passa immediatamente alla successiva.

Fig. 5.3 – Posture della spalla e del braccio durante l'operazione di potatura verde del pomodoro mediante impiego di piattaforme elevabili

La piattaforma semovente permette di lavorare in media 4 piante della bina rimanendo nella stessa posizione con leggeri spostamenti laterali del tronco e delle braccia. Terminate le 4 piante, la piattaforma, azionata da uno dei due lavoratori tramite il pedale, è spostata in avanti. Lo spostamento medio è di 2 metri e dura in media 2 secondi e 40 centesimi. Durante lo spostamento della piattaforma gli operatori tornano parzialmente con le braccia in posizione neutra (posizione di riposo). Tale intervallo di tempo non può essere considerato recupero. Finito il filare,

la piattaforma svolta alla capezzagna per immettersi nel filare successivo. L'operazione viene ripetuta 4 volte in 1 ora, in tutto si possono considerare circa 2 minuti l'ora (recupero Y), che aggiunti ai 3 minuti (recupero X) permettono 5 minuti di recupero ogni ora di lavoro ripetitivo. I dettagli del lavoro sono riassunti nella successiva tabella (**Tab. 5.1**).

Tab. 5.1 – Connotazione dei compiti che descrivono il turno

Tipo di compito	Durata	Minuti nel turno
Legatura (L)	1 ciclo = 5 secondi	440
Voltata piattaforma (Y)	30 secondi	16
Recupero X	180 secondi	24
Totale	-	480
Pausa mensa	Dalle 12 alle 13	60

5.3.2 – Prestazioni piattaforma

Durante le osservazioni, la temperatura media era 14,5°C e l'umidità relativa del 74%. Il lavoro procedeva con piccole soste ogni 2 metri necessarie alla legatura di 3-4 piante per ogni lato, alla velocità media di avanzamento, pari a 0,83 m/s (**Tab. 5.2**). La correlazione tra il numero di piante e il tempo di stazionamento lungo la fila è risultata uguale a 0,9955, cioè il tempo di stazionamento dipende esclusivamente dal numero di piante lavorate.

Tab. 5.2 – Fasi del lavoro, tempi unitari e capacità di lavoro

N° Filare	TE (s)	TAV(s)	TU (s)	N° Piante	Piante/h
3	872	26,93	898,93	350	1401,66
4	840	22,95	862,95	277	1155,57
5	866	21,67	887,67	224	908,44

Per quanto riguarda il tempo complessivo (sosta e spostamento) riferito a pianta, il test ANOVA non evidenzia significatività, risultando un p-*value* troppo elevato. In tal modo si può affermare l'ipotesi di una complessiva eguaglianza dei valori medi. Il grafico dell'analisi mostra l'omogeneità considerando le tre file in esame. I boxplot (*Fig. 5.4*) mostrano il ridotto intervallo fra i tempi registrati nei filari. Il tempo medio di voltata è uguale a 20 s e mediamente in un'ora vengono lavorate 1.155,22 piante. La prova, benché non effettuata su grandi superfici, ha permesso di confermare la manovrabilità del veicolo.

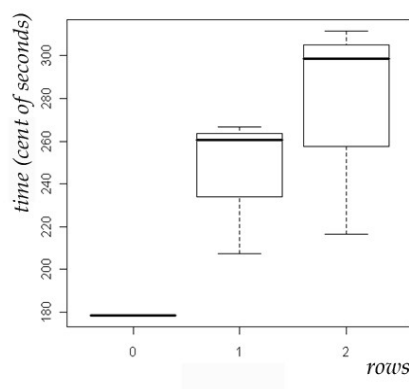



Fig. 5.4 – Somma dei tempi di lavoro e di trasferimento nei tre filari

5.3.3 – Gli indici OCRA

Nel caso specifico per ciclo si intende la legatura di una singola pianta. Sono compiuti 12 cicli al minuto. Il compito ha una frequenza d'azione di 60 azioni/minuto a destra e di 60 azioni/minuto a sinistra. Per quanto riguarda la distribuzione dei periodi di recupero sono presenti 5 minuti di riposo ogni ora di lavoro. Come già detto lo sforzo percepito è trascurabile per entrambi gli arti. È stato osservato, come fattore complementare, la presenza occasionale di piccoli movimenti della mano destra, di sforzo trascurabile, per l'eliminazione di vegetazione in eccesso nella parte apicale della pianta.

In **Tab. 5.3** vengono riassunti i dati "organizzativi" necessari per il calcolo dell'indice di esposizione. Le azioni tecniche totali svolte nel turno sono 26.400 sia a destra che a sinistra. Dato il tipo di lavoro diverso tra arto destro e arto sinistro, è necessario calcolare per ciascuno di essi un indice di esposizione.

Tab. 5.3 – Dati "organizzativi" per il calcolo dell'indice di esposizione

Legatura del pomodoro	**Arto destro**	**Arto sinistro**
Durata del compito nel turno (min)	440	440
Durata media di un ciclo (s)	5	5
Frequenza di azione (az./min)	60	60
Totale azioni nel compito (ATA)	26.4000	26.400

In **Tab 5.4** si propongono i calcoli e i valori ottenuti, rispettivamente a sinistra e a destra. In base ai calcoli realizzati, dopo aver scelto accuratamente i fattori per il calcolo dell'indice, è possibile affermare che, durante l'operazione di legatura del pomodoro, il rischio da sovraccarico biodinamico degli arti superiori da movimenti

ripetitivi e/o sforzi ripetuti (*OCRA Index* = 4,1) è relegabile all'area rossa, in cui l'esposizione rappresenta un rischio medio per il lavoratore e devono essere prese delle misure di miglioramento delle condizioni di lavoro, nonché iniziative di stretta sorveglianza sanitaria per gli effetti indotti.

Tab. 5.4 – Dati per il calcolo dell'indice di esposizione

Legatura pomodoro	Arto destro	Arto sinistro
ATA (totale azioni nel compito)	26.4000	26.400
CF (costante di frequenza)	30	30
Fo (fattore forza)	1	1
Po (fattore postura)	0,50	0,50
Re (fattore stereotipia)	0.85	0.85
Ad (elementi complementari)	1	1
Du (Fattore durata)	1	1
Re (fattore recupero)	0,25	0,25
RTA (azioni raccomandate)	6.420	6.420
***Ocra Index* [ATA/RTA]**	**4.1**	**4.1**

5.4 – Conclusioni

Si può affermare che l'impiego di veicoli dotati di piattaforme elevabili come quelli provati risultano di fatto indispensabili per le aziende che intendono utilizzare serre alte 6 metri al colmo, attualmente sempre più diffuse. Nel corso delle prove non è mai compromessa la stabilità del veicolo, anche grazie al peso ingente delle batterie e alla loro posizione vicina al suolo. Nel complesso, la piattaforma semovente si mostra corrispondente alle esigenze in campo per cui è stata ideata e l'attuale diffusione ne è valida conferma la riuscita. Alcune modifiche appaiono certamente utili e talune vengono richieste dagli stessi utilizzatori. Tra gli interventi più urgenti sarebbe opportuno dotare i cingoli di motori tra loro indipendenti che, gestiti da un algoritmo per il controllo, consentiranno di migliorare la sterzatura. A tal proposito si può affermare che una configurazione di tal genere aprirebbe le porte all'impiego di sistemi di controllo remoto, se non ad una automazione integrale del veicolo.

In effetti, alla conclusione della presente tesi un veicolo basato su tali principi di funzionamento sta per essere allestito da parte del Dipartimento GeSA, sezione meccanica, nell'ambito di un progetto di sviluppo di una macchina innovativa (MIPAAF – OIGA, 2009).

La quota regolabile del piano di lavoro ha consentito un contenimento del rischio muscolo – scheletrico degli arti superiori mantenendo il busto eretto e

consentendo alle braccia di lavorare a un'altezza inferiore a quella delle spalle. Un adeguamento motorizzato della quota del piano di lavoro apporterebbe ulteriori benefici alla postura degli operai, ma allo stato attuale rappresenterebbe una complicazione non indifferente in termini di pesi, meccanica e costi finali del prodotto.

Nonostante il veicolo agevoli consistentemente gli interventi manuali sulle porzioni superiori delle colture, l'operazione di legatura, pur caratterizzata da uno sforzo ridotto, presenta un rischio sensibile di esposizione a infortuni muscolo - scheletrici a carico degli arti superiori connesso all'elevata frequenza ("rischio medio" secondo i parametri *OCRA*).

Pertanto, anche se i rilevamenti non sono stati condotti per un tempo adeguatamente lungo, è stato possibile intravedere l'esigenza di eseguire successive sperimentazioni incentrate sul fattore frequenza. Fattore che in agricoltura può assumere rilevanza (per gli elevati valori che può raggiungere) e specificità connessa alle variazioni che esso può registrare, diversamente di quanto accade in ambiente industriale.

Infine, gli studi presentati nel lavoro pongono le basi per una valutazione delle macchine in agricoltura che non si limiti agli aspetti della produttività degli addetti e a quelli economici, ma prenda in considerazione anche il benessere e la salute degli operatori.

CAPITOLO VI

VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A MOVIMENTI RIPETITIVI DEGLI ARTI SUPERIORI NELLA POTATURA MANUALE DEL VIGNETO

6.1 – Premessa

Nella potatura invernale del vigneto, le forbici tradizionali e le cesoie rimangono gli attrezzi più utilizzati sia nel caso di intervento interamente manuale, sia nelle operazioni di rifinitura del taglio effettuato dalle prepotatrici meccaniche.

Trattandosi la vite di una coltivazione strutturata ed essendo la pianta disposta e mantenuta in maniera da essere facilmente raggiungibile dall'operatore, i tagli effettuati durante l'intervento manuale di potatura si susseguono velocemente e con una certa regolarità.

La ricognizione effettuata mediante l'osservazione dei segnalatori di rischio (ripetitività, frequenza, postura, forza) induce ad approfondire il livello dell'esposizione al rischio dovuto a movimenti ripetitivi degli arti superiori. Per le stesse ragioni la coltura è oggetto di studio da parte di gruppi di ricerca (*Montomoli et Colombini., Roquelaure et al., Wakula et al., Meyers et al.*).

Scopo della ricerca è di accertare se le indicazioni tratte dalla ricognizione effettuata mediante i segnalatori trovano conferma nella valutazione e quantificazione del rischio da esposizione nella potatura manuale del vigneto, tramite il *metodo OCRA,* effettuando i rilievi per più cultivar, in luoghi e in momenti successivi.

6.2 – Metodologia

6.2.1 – Piano sperimentale

Sul piano del metodo sono stati condotti rilievi del lavoro secondo le tecniche della scomposizione in fasi elementari, rilevando fra l'altro i tempi e le modalità di esecuzione delle operazioni; sono stati altresì rilevati il numero dei tagli per ceppo e il diametro dei tralci asportati.

Oltre ai rilevamenti e alle osservazioni di campo, il ricorso all'esame di videoriprese effettuate durante il lavoro ha consentito di disporre di informazioni sulla frequenza (le azioni per minuto di lavoro), sulla stereotipia (ripetizione di gesti sempre uguali fra loro), sulla postura (cioè il complesso dei movimenti utilizzati da ciascuna principale articolazione degli arti superiori per compiere la sequenza di azioni tecniche che caratterizzano la mansione), l'eventuale presenza di fattori complementari, l'individuazione di eventuali periodi di recupero (nei quali non vengono svolte azioni meccaniche). Per la valutazione della forza impiegata, un questionario sulla sensazione dello sforzo effettuato secondo la *scala di Borg CR10* è stato proposto ad ogni lavoratore al termine del rilevamento.

6.2.2 – Cantieri di lavoro

Sono stati seguiti in tutto 7 cantieri, ubicati nella Sicilia sud - orientale, per un totale di 30 addetti alla potatura e di 12 ore di rilevamento (**Tab. 6.1**).

Tab. 6.1 – Caratteristiche dei cantieri oggetto della valutazione

Vitigno	Anno di impianto	Tipo di allevamento	Sesto d'impianto [m]	Numero potatori	Attrezzo
Nerello mascalese	2003	Alberello	0,80 x 1,10	3	Forbice
Nerello mascalese	1950	Alberello	1,10 x 1,20	3	Forbice
Nerello mascalese	1984	Cordone speronato	1,20 x 2,10	10	Cesoia manici lunghi
Nero d'Avola	2000	Cordone speronato	1,00 x 2,20	6	Forbice
Nerello cappuccio	1997	Cordone speronato	0,90 x 2,00	2	Forbice
Chardonnay	2003	Guyot	0,90 x 2,00	2	Forbice
Merlot	2004	Guyot	0,80 x 1,80	4	Forbice + Seghetto

La potatura dei vitigni è stata eseguita alla stessa fase fenologica (*BBCH-identification 97*). Dai cantieri esaminati è stata "estratta" una giornata tipo in cui il turno lavorativo è di 7 ore (420 minuti) non consecutive, 4 ore effettuate di mattina fra le 7 e le 11, una pausa mensa di 1 ora fra le 11 e le 12, e 3 ore pomeridiane fra le 12 e le 15.

6.3 – Risultati e discussioni

6.3.1 – Descrizione del lavoro

La prima fase di analisi ha comportato la descrizione del turno di lavoro e l'individuazione dei movimenti che implicano gesti ripetitivi degli arti superiori. L'operazione viene svolta da addetti che si spostano progressivamente sulla fila ed eseguono la potatura delle piante. Nelle postazioni di lavoro esaminate, gli addetti impugnano la forbice con la mano destra e impiegano la sinistra per tenere la vegetazione secca e in parte per coadiuvare la destra a fare forza sull'impugnatura della forbice al momento dei tagli più impegnativi. Ogni singolo operatore utilizza in modo diverso gli arti superiori destro e sinistro. A differenza della forbice, la cesoia richiede l'impiego simultaneo di entrambi gli arti. L'attività è caratterizzata da una stereotipia dei gesti mantenuta per oltre i $^2/_3$ del tempo del ciclo. Oltre alla pausa pranzo non sono previste altre pause intermedie; anche se a volte gli operatori interrompono la potatura per affilare le lame delle forbici, l'interruzione non può considerarsi recupero. In maniera molto sintetica e schematica si riporta di seguito la sequenza delle azioni ripetute di pianta in pianta. L'operatore distende il braccio sinistro per afferrare il tralcio da potare; con il destro raggiunge la vegetazione ed esegue il taglio con la forbice; con il sinistro o getta a terra il tralcio appena tagliato o ne afferra uno nuovo da potare ed esegue con il destro un nuovo taglio. In questo caso, quando ha in mano diversi tralci, li getta a terra. Appena termina di potare una pianta passa alla successiva. Alcune volte può capitare che effettui il taglio senza impiegare l'arto sinistro per trattenere la pianta, ad esempio nel caso della potatura di un piccolo tralcio.

Nell'*allevamento ad alberello* (*Fig. 6.1*) l'addetto esegue la potatura manuale con forbici tradizionali e insieme alla potatura svolge anche l'operazione di stralciatura. La forbice viene mantenuta con una presa di tipo *pinch*, caratterizzata dall'opposizione tra il pollice e le altre dita della mano. La mano sinistra trattiene la vegetazione con un *grip* ampio che richiede uno sforzo leggero. L'alberello basso (0,4-0,50 m) costringe l'operatore a lavorare con la schiena flessa.

Nell'*allevamento a guyot* (*Fig. 6.2*) l'operatore impugna la forbice con la mano destra, raggiunge la vegetazione distendendo il braccio, effettua il taglio, trattenendo il tralcio con la sinistra. Terminata la potatura del "capo di frutto" l'operatore si

avvale di un seghetto per tagliare lo sperone residuo. L'operatore è costretto dalla quota di lavoro a intervenire con la schiena flessa. La forbice viene mantenuta con una presa di tipo *pinch*. Il seghetto richiede, invece, una presa tipo *power grip*.

Nell'*allevamento a cordone speronato* (*Fig. 6.3 e Fig. 6.4*) l'operatore impugna la forbice con la mano destra, raggiunge la vegetazione distendendo il braccio, effettua il taglio. In base alla consistenza del legno esegue il taglio con la sola mano destra (*Nero d'Avola*) o avvalendosi di entrambe le mani (*Nerello Cappuccio*). La quota di taglio costringe l'operatore a lavorare con la schiena flessa. La forbice viene mantenuta con una presa di tipo *pinch*. Nel caso della potatura con cesoia a manico lungo l'operatore impiega entrambe le mani per impugnare la cesoia ed effettuare il taglio. Entrambe le braccia eseguono continui movimenti di flessione ed estensione.

Fig. 6.1 – Allevamento ad alberello

Fig. 6.2 – Allevamento a guyot

Fig. 6.3 – Allevamento a cordone speronato

Fig. 6.4 – Allevamento a cordone speronato

6.3.2 – Valutazione degli sforzi

Ciascun addetto, al termine del rilievo in campo, è stato sottoposto a un questionario per individuare le azioni che richiedono forza e attribuire un punteggio secondo la scala di valori prevista dal metodo *OCRA*. Il giudizio è stato poi convertito in un punteggio della *scala di Borg* ed è stato poi calcolato il punteggio medio ponderato relativo alla forza. È emerso che il lavoro comporta uno sforzo identificabile come leggero - moderato, ad eccezione dell'impegno previsto per la potatura del *Nerello Cappuccio*, che è risultato più elevato.

6.3.3 – I disturbi muscolo scheletrici

Gli addetti hanno, altresì, risposto a domande sui disturbi muscolo scheletrici che sono avvertiti durante la stagione della potatura. Dal questionario è emerso che gli operatori, in questo periodo, accusano dolori soprattutto alla spalla e alla mano, dell'arto che esegue il taglio. I fastidi son accusati sia nei primi minuti di lavoro che a riposo, diverse ore dopo il termine del turno lavorativo.

6.3.4 – Il calcolo dell'indice OCRA

Per ciascuno dei vitigni sono stati conteggiati il numero di tagli effettuati al minuto, dai cui sono emerse le azioni tecniche al minuto. Nel caso della potatura della vite per ciclo si intende la potatura di una pianta (1 ciclo = 1 pianta). Fra una pianta e la successiva non ci sono tempi morti. Il compito ha una durata complessiva di 420 minuti giornalieri e i movimenti sono ripetuti per tutto il tempo del turno. Come già detto il lavoro di potatura comporta un coinvolgimento differente dei due arti superiori destro e sinistro, sia per numero di azioni che per postura.

Nel caso della forbice, il calcolo dell'*indice OCRA* ha riguardato il solo arto dominante che è sottoposto a maggiore affaticamento; nel caso della cesoia a manico lungo sono stati presi in considerazione entrambi gli arti. Tuttavia ambo gli arti eseguono gli stessi gesti perciò gli indici di esposizione coincidono.

Dopo aver esaminato attentamente le postazioni di lavoro e scelto i fattori di rischio (forza, postura, stereotipia, complementari, riposo) in relazione al tipo di lavoro sono stati calcolati gli indici di esposizione per ciascun addetto, da cui sono stati ricavati gli indici medi di esposizione per ciascun cantiere (**Tab. 6.2**).

Tab. 6.2 – Indici OCRA medi per cantiere di potatura

Vitigno	Allevamento	Attrezzo Impiegato	Azioni tecniche al minuto	Indice OCRA media per cantiere	Rischio
Nero d'Avola	cordone speronato	Forbice	49	5,56	**medio**
Nerello Cappuccio	cordone speronato	Forbice	44	6,22	**medio**
Nerello Mascalese	cordone speronato	Cesoia	49	5,52	**medio**
Nerello Mascalese	alberello	Forbice	49	5,55	**medio**
Nerello Mascalese	alberello	Forbice	43,5	4,92	**medio**
Merlot	guyot	Forbice	33	4,12	**lieve-medio**
Chardonnay	guyot	Forbice	54	6,11	**medio**

6.3.5 – Gli indici di rischio calcolati

In base ai calcoli effettuati è possibile affermare che gli indici di esposizione ricadono per tutti i cantieri di lavoro nella fascia rossa, in cui l'esposizione rappresenta un rischio medio per il lavoratore e devono perciò essere prese delle misure di miglioramento delle condizioni di lavoro, nonché iniziative di stretta sorveglianza sanitaria per gli effetti indotti. In particolare, i calcoli evidenziano che la potatura a cordone speronato del *Nerello cappuccio*, eseguita con la forbice tradizionale, registra l'indice di esposizione più alto (pari a 6,22), determinato principalmente dalla forza richiesta per eseguire il taglio.

La cesoia, impiegata per eseguire la potatura nel *Nerello mascalese*, riduce lo sforzo per seguire ogni singolo taglio, ma non riduce l'indice di esposizione (pari a 5,52) rispetto alla forbice tradizionale (pari a 5,56) in quanto peggiora la postura e aumenta la precisione richiesta per eseguire il lavoro.

Gli indici di esposizione della potatura delle viti allevate ad alberello per la cultivar *Nerello mascalese* non rivelano differenze significative rispetto alla potatura del cordone speronato. Va detto però che l'intervento sull'alberello richiede un impegno anche dell'arto sinistro, che spesso durante i tagli trattiene i tralci ed esegue la stralciatura.

Da evidenziare l'indice di esposizione della potatura a guyot del *Merlot* che è stato il più basso (pari a 4,2). L'esposizione è influenzata dal numero limitato di tagli per unità di tempo, dovuto alle condizioni disagiate dell'ambiente di lavoro; infatti, il vigneto è posto in un appezzamento in forte pendenza (33%), la quota di taglio è piuttosto bassa (0,40 - 0,50 m), e gli operatori sono costretti a lavorare inginocchiati.

6.4 – Conclusioni e prospettive

Tutti i segnalatori presi in considerazione hanno mostrato un'azione importante nella composizione dell'indice di rischio. Infatti, le valutazioni hanno confermato che a incidere sul rischio muscolo - scheletrico degli arti superiori, oltre alla frequenza, sono anche la postura e la mancanza o l'inadeguata distribuzione dei periodi di recupero.

Nei cantieri di potatura esaminati le valutazioni effettuate evidenziano come l'arto dominante che impugna la forbice ed esegue il taglio sia a rischio di esposizione. Nel caso della cesoia a manico lungo entrambi gli arti sono soggetti a rischio.

Considerazioni a parte vanno fatte sul fattore rappresentato dalla forza, in quanto, e specialmente per le cultivar considerate più resistenti al taglio dagli operatori, un sensibile livello di forza viene impiegato con costanza per tutta la durata del turno di lavoro, incidendo fortemente sul punteggio finale di esposizione.

Nel complesso, ipotesi di riduzione del rischio più che sulla diminuzione della frequenza dei tagli andrebbero condotte adottando pause pur brevi ma periodiche. Molto utile sarebbe condurre studi sulle posture assunte durante il lavoro, anche prendendo in considerazione rimedi consistenti in modeste variazioni della quota di impalcatura dei cordoni orizzontali.

È significativo il fatto che il questionario somministrato agli operatori abbia evidenziato come la quasi totalità degli intervistati dichiari fastidi e dolori agli arti superiori e al rachide. Una buona organizzazione del processo di lavoro e una buona formazione dei lavoratori, permetterebbe di ridurre il rischio di esposizione e di conseguenza il numero di casi diagnosticati – o peggio ignorati – senza che ciò comporti necessariamente riduzioni della produttività giornaliera e, invece, con una riduzione certa dei costi sociali ed anche aziendali.

In definitiva deve essere posto in evidenza come le attività sperimentali condotte sulla potatura manuale della vite hanno confermato le indicazioni ottenute durante la potatura verde del pomodoro in serra in merito all'opportunità di approfondire il fattore frequenza e il possibile impatto sull'*indice OCRA*. Inoltre, esse hanno fatto emergere l'importanza del parametro "forza" e di conseguenza

suggeriscono approfondimenti verso possibili verifiche strumentali dei valori ottenuti con *la scala di Borg,* procedura peraltro prevista dalla metodologia *OCRA*.

CAPITOLO VII

IL PARAMETRO "FORZA" NEL CALCOLO DEL RISCHIO BIOMECCANICO NELLA POTATURA MANUALE DEL VIGNETO

7.1 – Obiettivi e percorso metodologico

Le attività sperimentali sino a qui condotte hanno evidenziato in maniera crescente il peso del parametro rappresentato dalla forza nel calcolo del rischio muscolo - scheletrico. Parimenti, sono apparse alcune perplessità sull'impiego della *scala di Borg*, in quanto basata su impressioni soggettive che necessiterebbero di un campione piuttosto vasto di operatori adusi al gesto la cui forza è in corso di classificazione.

Conseguentemente, si è inteso intraprendere un percorso sperimentale che potesse condurre alla oggettivazione del parametro forza, necessario per il calcolo del rischio muscolo - scheletrico, al fine di sostituire i valori strumentali ottenuti al posto di quelli ottenuti mediante l'impiego della *scala di Borg*.

La procedura è peraltro ammessa dalla metodologia OCRA, tanto che il metodo stesso include un algoritmo sviluppato proprio con questi obiettivi.

Per raggiungere lo scopo rappresentato dalla classificazione affidabile delle forze in gioco nella potatura invernale della vite, è stata costruita una forbice sensorizzata in collaborazione con il CRA-ING di Treviglio e sono state effettuate prove con i seguenti obiettivi:

I. § 7.4: verificare se la forbice è in grado di distinguere un campione dall'altro in maniera affidabile. In altre parole, in questo capitolo si vuole illustrare il risultato di una ricerca mirata a valutare, attraverso tagli effettuati in laboratorio tramite una cesoia dotata di sensori, le forze esercitate dalla mano durante le operazioni di potatura in funzione dei diametri dei sarmenti e di alcune caratteristiche del vitigno. ponendo le basi per gli approfondimenti che verranno effettuati nel § 7.5**.** Inoltre, questo stesso studio è stato in grado di evidenziare gli sforzi compiuti dalle diverse parti della mano durante il taglio, argomento che verrà approfondito nel § 7.6.

II. § 7.5: verificare se la forbice registra la resistenza dei tralci in maniera corrispondente alla valutazione degli operatori. A questo fine, è stata valutata la corrispondenza del sistema di misurazione applicato alla cesoia con le espressioni soggettive di un panel di otto operatori intervistati durante le operazioni di taglio di tralci di tre diametri di cinque cultivar di vite.

III. § 7.6: procedere alla sostituzione dei giudizi espressi dagli operatori con la *scala di Borg* con i valori misurati tramite lo strumento (previa normalizzazione dei valori ottenuti con la forbice). Una volta accertata l'affidabilità della forbice e di ciascuno dei sensori, sono stati rilevati gli sforzi separatamente per ciascuna regione della mano ed utilizzati questi valori nel calcolo dell'indice di rischio, anziché i valori medi, con il fine di evitare la sottostima dei WMSDs implicita nell'utilizzare i valori medi.

7.2 – Premessa generale

La potatura della vite provoca sollecitazioni agli operatori (*Montomoli et. al., 2008, Schillaci et al., 2009, 2010*). La necessità di sviluppare forza in modo ripetitivo è segnalata in letteratura come fattore di rischio nel provocare patologie alle strutture tendinee e muscolari (*Silverstein et al. 1986; 1987*).

La forza che viene sviluppata durante il movimento è definita come l'impegno biomeccanico necessario a svolgere una determinata azione o sequenza di azioni. Essa può essere di tipo dinamico, applicata direttamente dall'operatore per l'esecuzione del gesto, o statico per mantenere strumenti di lavoro o singoli segmenti delle braccia in una determinata posizione (*Colombini et al., 2005*).

I lavori manuali che richiedono movimenti ripetuti e rapidi aggravano il fattore di rischio addebitato a tali gesti se sono condotti con forze ad elevata presa (*Seth et al. 1999, Miller et al. 1995*).

La valutazione dell'intensità della forza di presa nei lavori manuali riveste un ruolo chiave nella valutazione ergonomica, nella definizione dell'esposizione e può fornire un supporto nella predisposizione di azioni correttive nelle caratteristiche igieniche del lavoro.

Inoltre la conoscenza dei requisiti fisici di una fase di lavoro è utile per la pianificazione dei programmi di riabilitazione e per la valutazione dell'idoneità per il

ritorno al lavoro dopo un evento compromettente gli arti superiori (*McGorry et al. 2004*).

Nella valutazione dell'esposizione e dei rischi muscolo - scheletrici a carico del potatore appare critica la formulazione del rischio basata su un'espressione soggettiva del gruppo di potatori intervistato utilizzando la *scala di Borg*, che prevede interviste circa la stima dello sforzo necessario su una scala fornita.

Per questo motivo potrebbe essere utile la ricerca di uno strumento capace di esprimere una valutazione oggettiva e misurata da poter applicare negli algoritmi per la determinazione del rischio complessivo.

Per la valutazione dell'impatto dei lavori che richiedono gesti ripetitivi delle mani, sono stati sviluppati modelli che possono fornire una stima indiretta della forza necessaria a svolgere un compito. Sono stati proposti modelli biomeccanici (*Freund et al. 2002*) e modelli guidati da immissioni di valori misurati durante l'esecuzione delle attività. Si tratta di approcci molto utili, ma essendo delle stime richiedono notevoli informazioni.

Sono stati studiati anche metodi che utilizzano dei banchi prova per misurare la massima contrazione volontaria (MVC) durante l'applicazione di una forza necessaria a svolgere un ruolo. Questo metodo più scientifico, tuttavia, non è stato ancora supportato da una documentata accuratezza della valutazione delle forze (*McGorry et al., 2004*).

Un'indagine (*Kumar et al., 1997*) tramite riproduzione di sforzi del 20, 40, 60, e 80% di una presa di forza utilizzando un dinamometro, ha riscontrato una grande varianza di precisione della stima, ed ha anche evidenziato che la precisione della stima variava con il livello dello sforzo.

Lavori sull'ergonomia e la progettazione degli strumenti per la potatura (*Wakula et al., 2000; Paivinen et al., 2000; Haapalainen et al., 2000*) sono stati finalizzati all'osservazione dell'accumulo di sollecitazioni all'operatore.

Recenti ricerche (*Pezzi et al., 2009*) valutando la resistenza al taglio da parte dei sarmenti in laboratorio tramite *penetrometer texture analyzer* TA-HDi con cella di carico, hanno evidenziato differenze tra le varietà sottoposte alle prove.

7.3 – Analisi del fattore forza e la scala di Borg

L'analisi della forza e la sua quantificazione consiste nella valutazione dell'impegno biomeccanico necessario a compiere una determinata azione o sequenza di azioni. Lo sviluppo della forza, durante le azioni lavorative, può essere connesso alla movimentazione o al sostegno di oggetti e strumenti di lavoro o a mantenere una data postura di un segmento corporeo. La presenza di forza eccessiva anche a carico delle mani o delle sole dita, rappresenta una delle cause più precoci di insorgenza di malattie. La quantificazione della forza in contesti reali di applicazione risulta problematica (*Colombini et Occhipinti, 2005*). Si può ricorrere alla stima semi-quantitativa della forza esterna attraverso il peso degli oggetti manipolati, in altri casi si può fare ricorso a dinamometri, meccanici o elettronici, mentre per la quantificazione della forza interna si ricorre, in genere, a tecniche di elettromiografia di superficie. Per quantificare il fattore forza il metodo *OCRA* ricorre ad una tabella definita dal CEN, che tiene conto dello sforzo percepito mediante la *scala di Borg CR10* (1982) e descrive lo sforzo muscolare soggettivamente percepito dal lavoratore a carico di un determinato segmento corporeo. Lo studio pratico di questo fattore parte dall'identificazione delle azioni che richiedono un impegno muscolare minimale e di quelle che richiedono un impegno muscolare superiore; successivamente si descrive l'impegno muscolare, tramite la scala di Borg, delle azioni che richiedono un impegno muscolare rilevante; infine si calcola il punteggio medio ponderato per l'insieme delle azioni eseguite nel ciclo.

La scala di valutazione di Borg CR10 è stata proposta dal *Dr. Gunnar Borg* che introdusse il concetto della percezione dello sforzo già negli anni '50. Borg ha messo a punto due scale di valutazione: *la Borg RPE* e *la Borg CR10*. Le due scale per la quantificazioni della percezione dello sforzo sono usate in tutto il mondo da professionisti della valutazione psicologica, ergonomica e della fisiologia. La *scala di Borg CR10* (*Category-Ratio anchored at the number 10*) è una scala messa a punto per valutare la percezione dello sforzo in cui il numero 10 rappresenta l'intensità estrema. È una scala di intensità generale per valutare le più importanti grandezze soggettive, attraverso l'identificazione di espressioni verbali semplici. La scala è stata ricavata da Borg a seguito di una sperimentazione condotta per correlare

il risultato delle rilevazioni elettromiografiche (EMG) con il valore di percezione soggettiva dello sforzo fisico applicato a un determinato segmento corporeo durante uno specifico movimento, considerando pari a 10 il valore della Massima Contrazione Volontaria (MCV) ricavato con l'EMG.

La scala deve essere sottoposta al soggetto che deve valutare la sua sensazione sullo sforzo mediante test. È di importanza fondamentale che il soggetto comprenda che si vuole quantificare la sua percezione come fenomeno soggettivo, ragione per la quale esso dovrà essere spontaneo e dovrà avere fiducia nelle proprie sensazioni. È importante che il soggetto abbia tempo a sufficienza per comprendere la scala e familiarizzare con le sue espressioni numeriche (**Tab. 7.1**).

Tab. 7.1 – Scala di Borg CR10

Sforzo medio percepito	Valutazione soggettiva dello sforzo
0	Del tutto assente
0,5	Estremamente leggero
1	Molto leggero
2	Leggero
3	Moderato
4	Moderato +
5	Forte
6	Forte +
7	Molto forte
8	Molto forte ++
9	Molto forte +++
10	Massimo

Come si può vedere, la valutazione intercorre dall'espressione "del tutto assente", a cui si da valore 0, a "massimo" a cui corrisponde il valore 10. La scala deve essere usata partendo dall'espressione verbale e ricavando successivamente il valore numerico utilizzando anche punteggi intermedi (ad es. 1,5 o 2,5). È importante che il soggetto risponda basandosi su ciò che percepisce e non su ciò che crede di dover rispondere.

La capacità di applicare una determinata forza è strettamente connessa sia alla frequenza, sia alle posture, sia all'eventuale presenza di tempi di recupero. Va ricordato, infatti, che tanto più bassa sarà l'entità di impegno muscolare, tanto maggiore sarà la durata consentita di tale impegno (relazione esponenziale), e tanto più alta sarà la frequenza di azioni tecniche per lo svolgimento del compito ripetitivo con conseguenze positive ripercussioni anche sulla "produttività". Inoltre, le posture sfavorevoli degli arti superiori, e in particolare del polso e della mano, riducono

drasticamente la capacità di applicazione di forza della muscolatura del segmento interessato.

I tempi di recupero fra un'azione richiedente uso di forza e la successiva sono anch'essi fondamentali per prolungare l'attività e ridurre lo sforzo complessivo necessario per eseguire il lavoro. Per quanto riguarda, in particolare, la valutazione dei tempi di recupero relativi ad azioni di mantenimento (o statiche), studi di fisiologia muscolare hanno permesso di redigere una tabella nella quale, per ogni condizione di mantenimento, in funzione della forza esercitata, sono riportati i tempi di recupero adeguati che devono seguire immediatamente all'uso della forza. Se tale periodo non esiste o è inadeguato, si configura una condizione di rischio tanto più grande quanto maggiore è la differenza tra la situazione reale e la situazione ottimale (*Colombini et Occhipinti, 2005*). La tabella (**Tab. 7.2**) successiva riporta la relazione fra sforzo soggettivo percepito (scala di Borg), tempo di mantenimento (secondi) e tempo di recupero ottimale (secondi).

Tab. 7.2 – Calcolo dei tempi di recupero per tempi e forze applicate (*INAIL, 2003*)

Forza (*scala di Borg*)	**Tempo di mantenimento (secondi)**	**Tempo di recupero (secondi)**	**Percentuale di recupero**
fino a 2 (20% MCV)	20	2	10%
	30	3	10%
	45	7	15%
	120	60	50%
	180	180	100%
	240	480	200%
	300	1200	400%
	450	2700	600%
circa a 3 (30% MCV)	20	10	50%
	40	40	100%
	60	120	200%
	90	360	400%
	120	720	600%
	150	1200	800%
circa a 4 (40% MCV)	20	20	100%
	30	60	200%
	50	200	400%
	70	420	600%
circa a 5 (50% MCV)	20	40	50%
	30	120	400%
	40	240	600%
	90	720	800%

7.4 – Valutazione degli sforzi tramite cesoia sensorizzata

7.4.1 – Obiettivi

Le prove effettuate attraverso tagli di tralci di vite provenienti da diverse cultivar tramite una forbice sensorizzata hanno avuto l'obiettivo di verificare in laboratorio l'influenza delle variabili cultivar, diametro del tralcio e regione della mano, sulla forza e sulla durata necessaria per eseguire il taglio e in definitiva di verificare se la classificazione dei tagli in ragione dello sforzo medio della mano, effettuata tramite cesoia possa considerarsi affidabile almeno quanto quella ottenuta tramite l'impiego della *scala di Borg*. Ciò in vista di successive prove volte alla sostituzione dei valori espressi dai potatori con quelli rilevati strumentalmente, procedura per altro ammesso dallo stesso metodo *OCRA*.

7.4.2 – Materiali e metodi

Sensore e cesoia. Per le prove in laboratorio è stata impiegata una cesoia tradizionale (normalmente utilizzata dai potatori) sui cui manici sono stati posizionati 5 sensori capaci di rilevare le forze esercitate dalla mano dell'operatore, le loro ripartizioni nelle regioni della mano e la durata di tali sforzi (*Fig. 7.1*).

Le prove preliminari volte a quantificare la resistenza al taglio sono state compiute valutando la resistenza in termini di reazione alla penetrazione della lama di spessore 2 mm, con sezione triangolare, di lunghezza 60 mm circa e di larghezza massima di 30 mm circa, appartenente a una forbice (*Stocker Profil 21*) di massa 240 g e lunghezza di 210 mm circa, con interazione media nei confronti dell'attività muscolare (*Haapalainen et al., 2000*).

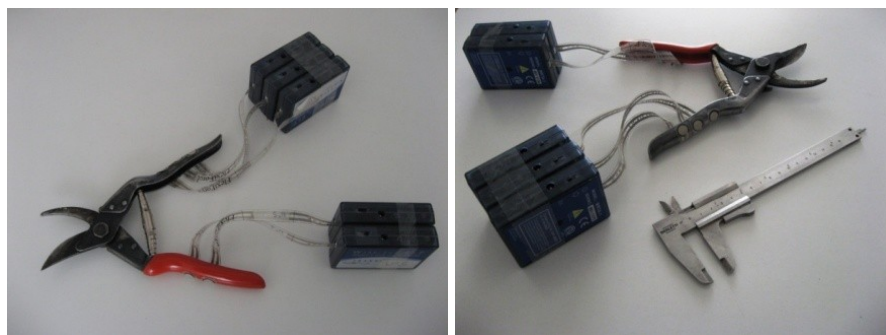



Fig. 7.1 – Cesoia dotata di sensori collegati a trasmettitori wireless

Per i rilievi sono stati utilizzati sensori di forza *Flexi Force® Sensors* A201 della *Tekscan* (*Fig. 7.2*) basati su circuiti stampati, flessibili e ultra-sottili costituiti da due strati di substrato in film (poliestere/poliammide).

Fig. 7.2 – Sensori di forza

Su ogni lato è presente un materiale conduttore (argento) e uno strato di inchiostro sensibile alla pressione. L'area sensibile è costituita da un cerchio d'argento sovrapposta all'inchiostro sensibile. Tali sensori hanno la possibilità di rilevare segnali di forza da 0 a 440 N, con tempo di risposta <5 microsecondi su un'area di rilevazione di diametro pari a 9,53 mm. Lo stimolo viene recepito dall'argento che si estende dalla zona di rilevamento ai connettori che terminano con pin maschio per essere integrati in un circuito. La resistenza del sensore viene quindi trasferita ad un acquisitore che trasmette i dati ad un elaboratore tramite un segnale wireless.

Sul manico della cesoia i 5 sensori sono stati posizionati dopo aver verificato il punto di più probabile contatto tra il manico e le dita: dito anulare (Anulare), dito medio (Medio), dito indice (Indice), la zona alta del palmo in corrispondenza del pollice (Pollice Alto) e quella corrispondente ad una zona intermedia tra il palmo e il pollice (Pollice Medio).

I tagli sono stati effettuati in corrispondenza di 4 diametri differenti: 5, 7, 10 e 12 mm. Ai fini della verifica statistica sono stati effettuati da 2 a 5 tagli per ogni diametro e 3 ripetizioni per ogni cultivar.

Il sistema di acquisizione descritto consente di ottenere matrici di dati delle forze provenienti dai cinque sensori posizionati in corrispondenza della mano con una frequenza 8 Hz. In questo modo ogni taglio è stato caratterizzato da cinque valori per la forza e per la durata del taglio.

I risultati così ottenuti sono stati processati tramite il software *open source R* (*R Development Core Team, 2009*) per l'elaborazione statistica per distribuire la variabilità dei dati e per indagare sull'influenza delle variabili indipendenti considerate.

Sono stati considerati i fattori cultivar (CV), diametro del tralcio (DIA), data di campionamento (DATA), regione della mano (DITO), la ripetizione del taglio (RIP).

Sono state indagate le variabili di risposta relative alla forza registrata per ogni taglio (FORZA) e la durata del taglio (DURATA). L'influenza di tali fattori è stata estrapolata, attraverso l'analisi della varianza (ANOVA).

Il piano sperimentale. Sono state eseguite due prove di taglio in laboratorio su tralci di vite prelevati durante le operazioni di potatura. La prima, in febbraio, mettendo a confronto tre cultivar di vite: *Cabernet Sauvignon*, *Frappato*, *Nero d'Avola*. La seconda in marzo, su quattro cv di vite: Cabernet *Sauvignon, Chardonnay, Nerello Cappuccio* e *Nerello Mascalese*.

Vitigni. Nella prima prova, sono stati impiegati i tralci di tre vitigni, Frappato, Nero d'Avola e Cabernet Sauvignon, potati a cordone speronato, prelevati da vigneti di un'azienda ubicata territorio di Vittoria (RG). I campioni in studio sono distinti come segue:

- *Frappato* (1 campione): legno tagliato dalla prepotatrice il 24/01/09, raccolto il 3/02/09, età piante 7 anni;
- *Nero d'Avola* (2 campioni):
  - campione 2a: legno tagliato dalla prepotatrice, processato il 3/02/09, età piante 6 anni;
  - campione 2b: legno tagliato dalla prepotatrice il 24/01/09, processato dopo 10 giorni dalla potatura il 2 febbraio, età piante 4 anni;
- *Cabernet Sauvignon* (2 campioni):
  - campione 3a: legno tagliato dalla prepotatrice, raccolto e processato il 3/02/09, età piante 4 anni;
  - campione 3b: legno tagliato dalla prepotatrice il 24/01/09, raccolto e processato dopo 10 giorni dalla potatura il 3 febbraio, età piante 4 anni.

Nella seconda prova sono stati impiegati i tralci di quattro vitigni, *Cabernet Sauvignon* e *Chardonnay*, potati a *guyot*, *Nerello Cappuccio* e *Nerello Mascalese*, potatura cordone speronato, prelevati da vigneti di un'azienda ubicata in territorio di Castiglione di Sicilia (CT), sulle pendici dell'Etna, a quota 550 m slm;

- *Cabernet Sauvignon* (1 campione): età piante 6 anni;
- *Chardonnay* (1 campione): età piante 6 anni;

- *Nerello Cappuccio* (1 campione): età piante 12 anni;
- *Nerello Mascalese* (1 campione): età piante 12 anni.

Tutti i tralci dei campioni provengono da interventi di potatura manuale eseguiti il 10 marzo 2009.

7.4.3 – Risultati e discussioni

Le elaborazioni di primo ordine relative alla variabile di risposta DURATA, hanno mostrato significatività statistica per i fattori cultivar (CV), diametro del tralcio (DIA), con un *p-value* inferiore a 0,001. Non è emersa significatività per i fattori ripetizione (RIP) e regione della mano (DITO).

Per quanto riguarda la variabile di risposta FORZA, sono emersi effetti significativi da parte della cultivar (CV), del diametro (DIA) (*Fig. 7.3*) e della regione della mano (DITO) con un *p-value* inferiore a 0,001. In *Fig. 7.4* è evidente la distribuzione delle forze tra le regioni della mano (*0: indice, 1: medio, 2: anulare, 3: regione del palmo prossima al pollice, 4: regione del palmo distale rispetto al pollice*).

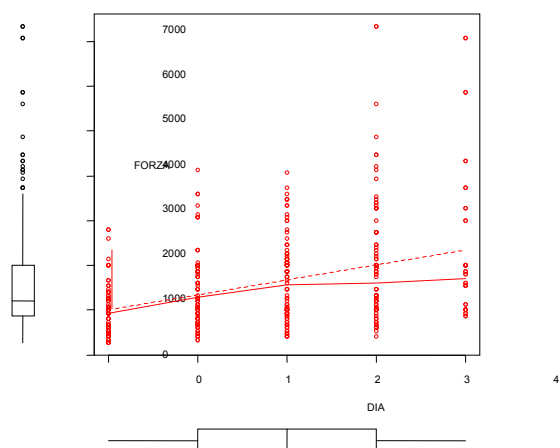



Fig. 7.3 – Distribuzione delle forze in funzione dei 5 diametri osservati

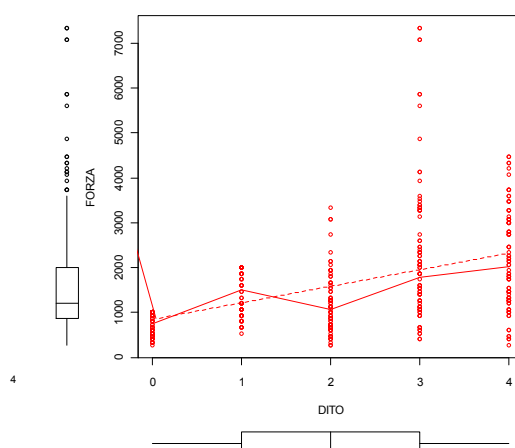



Fig. 7.4 – Distribuzione delle forze tra le regioni della mano durante i tagli

Complessivamente la prova ha registrato una forza media acquisita di 14,71 N con una deviazione standard di 11,27 e una durata media dei tagli di 0,68 secondi con deviazione standard di 0,62.

La cultivar che ha registrato la maggiore forza durante i tagli è stata il *Nerello Cappuccio* (23,08 ± 14,42) che ha anche necessitato di tempi maggiori, 1,15s ± 0,73,

mentre la minima forza è quella relativa al *Nerello Mascalese* (12,23 ± 8,01) che ha anche la minima durata del taglio di 0,43s ± 0,26.

Dalle prove sperimentali condotte è stato possibile ottenere il grafico delle forze e delle durate richieste nel taglio di sarmenti di sette cultivar (*Fig. 7.5* e *Fig. 7.6*).

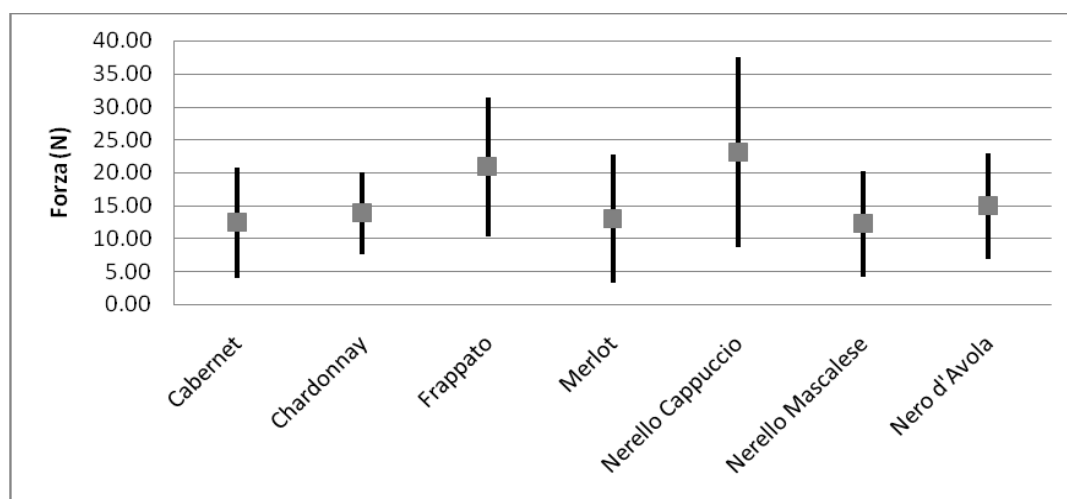



Fig. 7.5 – Forza media richiesta dalle sette cultivar in studio

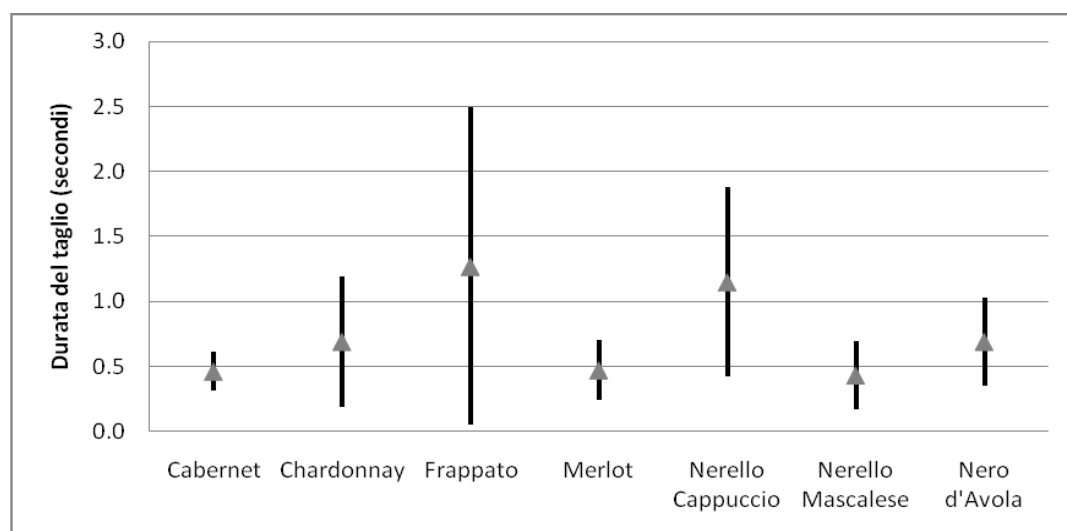



Fig. 7.6 – Durata media del taglio nelle 7 cultivar in studio

Fra le cultivar prelevate e processate 10 giorni dopo la potatura il *Frappato* (*Fig. 7.7*) ha mostrato maggiore resistenza al taglio; fra quelle processate lo stesso giorno della potatura, *Nerello Cappuccio* e *Cabernet* si sono dimostrate le più dure, confermando quanto risaputo in campagna e sostenuto dagli operatori durante esperienze condotte in campagna.

Tra le parti della mano sottoposte a sollecitazione, quella che ha mostrato il maggior sforzo medio e la maggiore durata, è ubicata al di sotto del pollice, zona che, durante il taglio, si opponeva alle dita (*Fig. 7.8 e Fig. 7.9*). In particolare l'indice è la parte che ha mostrato minore sforzo, mentre il medio e l'anulare hanno offerto circa la stessa intensità, ma con durate di gran lunga differenti. L'anulare probabilmente partecipa all'ultima fase del taglio contribuendo per una durata brevissima.

I fattori principali (cultivar, dita e diametro del tralcio) sono risultati statisticamente significativi ($p<0,001$) nei due valori di risposta (forza e durata). I fattori taglio e ripetizione non hanno influito sul valore di risposta, indicando quindi una buona ripetibilità della prova. I dati raccolti sono stati elaborati statisticamente tramite il software R, ed in particolare è stata eseguita l'analisi della varianza sui fattori principali e sulle loro interazioni. A seguito della analisi della varianza per la verifica delle interazioni di primo ordine, sono risultate statisticamente significative molte interazioni. In particolare si sono registrate le interazioni tra dita e cultivar e tra dita e diametro che si sono manifestate osservando tutti i valori di risposta. Inoltre, interazione tra diametro e cultivar si è manifestata nell'analisi della varianza su forza. È stata registrata anche significatività nell'interazione tra dita, diametro e cultivar. I valori di risposta forza e durata hanno mostrato anche una correlazione pari a 0,60.

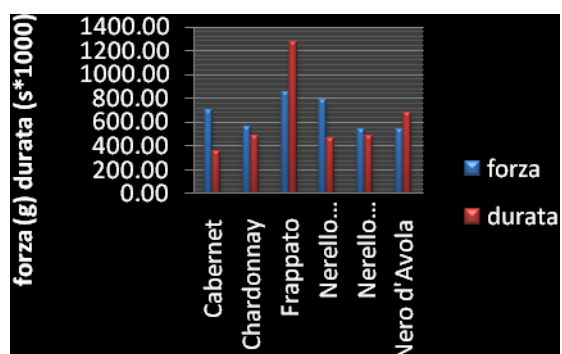



Fig. 7.7 – Forza e durata registrate nelle diverse cv osservate

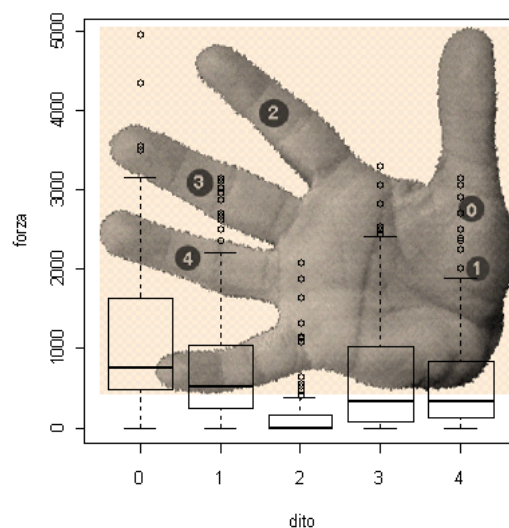



Fig. 7.8 – Forza esercitata dalle zone della mano durante i tagli

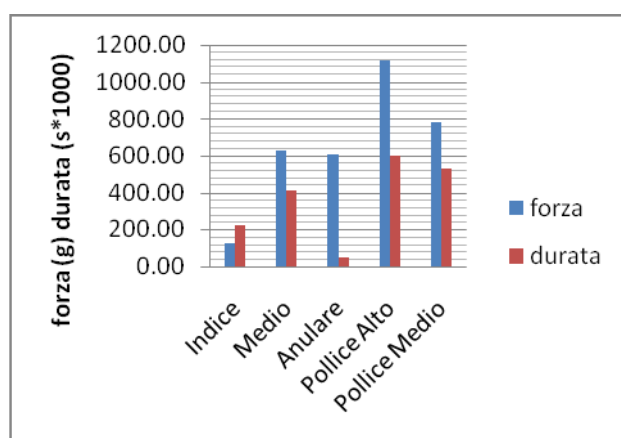



Fig. 7.9 – Forza e durata esercitata dalle zone della mano durante i tagli

7.4.4 – Conclusioni e prospettive

Lo strumento sensorizzato è stato in grado di riprodurre misure coerenti in funzione delle variabili prese in considerazione dal piano sperimentale e di distinguere le forze necessarie al taglio per ciascun campione mentre ininfluente si è dimostrata la durata del taglio. In definitiva, la cesoia ha riprodotto fedelmente la classifica degli sforzi reperibili in letteratura (e con nostre prove preliminari) relative alle cultivar esplorate nel lavoro ed ha fornito una prima dimostrazione concernente la partecipazione allo sforzo da parte delle varie aree della mano in maniera differente ciascuna dall'altra. Sono state così poste le basi per le successive attività sperimentali, consistenti:

- nel confronto fra i valori dello sforzo registrati dalla forbice sensorizzata e il giudizio espresso dai potatori (§ 7.5);
- nel procedere alla sostituzione dei giudizi espressi dagli operatori con la scala di Borg con i valori misurati tramite lo strumento (§ 7.6);
- nell'accertamento di una eventuale sottostima del rischio connessa all'impiego dei valori medi dello sforzo riferiti all'intera mano, anziché dei valori medi della regione della mano maggiormente sollecitata (§ 7.6).

7.5 – Corrispondenza del sistema di misurazione applicato alla cesoia con le espressioni soggettive

7.5.1 – Obiettivi

L'obiettivo di questo studio è quello di accertare se la stima soggettiva, potenziale punto critico nella formulazione di giudizi sull'entità del parametro sforzo, può essere sostituita da valori misurati dallo strumento sensorizzato. Tale obiettivo può essere ora perseguito grazie ai risultati ottenuti dalle precedenti prove sperimentali. Infatti, nel § 7.4 è stato dimostrato che lo strumento sensorizzato è in grado di fornire misure coerenti in funzione delle variabili prese in considerazione. In caso positivo, questo potrebbe consentire di superare le complessità e talvolta le perplessità connesse alla formulazione dei giudizi soggettivi.

7.5.2 – Materiali e metodi

Poiché lo studio intende verificare la rispondenza fra i valori registrati attraverso i sensori e quelli attribuiti da un panel di operatori, otto partecipanti, con nessuna esperienza professionale di potatura della vite si sono prestati volontariamente ad una prova di simulazione di potatura di vite condotta in laboratorio su tralci precedentemente raccolti in vigneti specializzati siti uno a Torre de' Roveri (BG) nel nord Italia (località A) e a uno a Viagrande (CT) in Sicilia nel sud Italia (località B). La metodologia è quella sviluppata in precedenza (§ 7.4). Le caratteristiche del materiale raccolto sono riportate nella successiva tabella (**Tab. 7.3**).

Tab. 7.3 – Caratteristiche dei vigneti

Cultivar	Anno	Forma di allevamento	Sito
Cabernet Sauvignon A	2005	Cordone speronato	Viagrande (CT)
Cabernet Sauvignon B	2003	gdc	Torre de' Roveri (BG)
Merlot A	2006	Guyot	Viagrande (CT)
Merlot B	2000	Cordone speronato	Torre dei Roveri (BG)
Moscato di Scanzo	1993	casarsa	Torre de' Roveri (BG)
Moscato giallo	1992	Cordone speronato	Torre de' Roveri (BG)
Nerello cappuccio	2006	Cordone speronato	Viagrande (CT)

Il piano sperimentale prevedeva un disegno a blocchi randomizzati e considerava cinque cultivar di vite di cui due cultivar prelevate in entrambe le località indicate (A e B), tre diametri su quali effettuare il taglio, con tre ripetizioni della stessa condizione.

La scelta dei tre diametri ha voluto tener conto delle tre tipologie di taglio effettuate nella forma di allevamento a *guyot* e che vengono definite "taglio del passato", "taglio del presente" e "taglio del futuro" il cui taglio va effettuato su tralci di tre differenti diametri. Il "taglio del passato" (*Fig. 7.10 [1]*) consiste nell'eliminare il capo a frutto, cioè il tralcio di due anni che porta i tralci di un anno che hanno fornito la produzione dell'annata appena trascorsa. Il "taglio del presente" (*Fig. 7.10 [2]*) consiste nel raccorciare al numero di gemme desiderato il tralcio scelto come nuovo capo a frutto per la produzione successiva. Infine, il "taglio del futuro" (*Fig. 7.10 [3]*) consiste nello speronare a due gemme il tralcio sorto dalla gemma posizionata più in basso sullo sperone lasciato l'anno precedente, allo scopo di garantire il rinnovo.

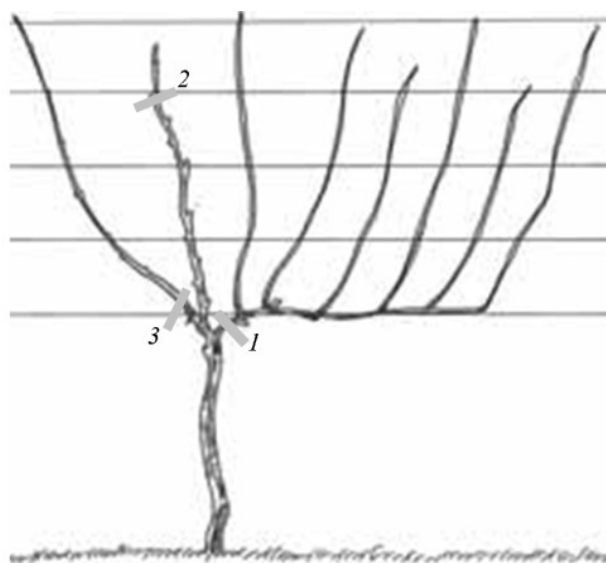



Fig. 7.10 – I tagli di potatura della forma di allevamento a guyot

I dati venivano raccolti da sei zone della mano di tutti gli otto partecipanti. Le prove di laboratorio sono state condotte con una cesoia dotata di sensori che trasmettevano, durante il taglio, gli sforzi esercitati da 6 diverse zone della mano dagli operatori (*Fig. 7.11*).

Fig. 7.11 – Sensori wireless applicati alla cesoia

Preliminarmente all'inizio delle prove, sono stati condotti in laboratorio, cinque tagli su tralci di diametro pari a 10 mm di ogni cultivar in prova, al fine di ottenere una scala di intensità di forza.

È stata così individuata la cultivar che richiedeva uno sforzo di media intensità, che rappresentava il punto medio di riferimento della scala di valutazione sottoposta al panel.

Ogni partecipante, dopo essere stato istruito circa le modalità di esecuzione della prova, aveva dunque diritto, immediatamente prima dell'inizio della prova di valutazione, a tre tagli di prova su tralci da 10 mm di diametro della cultivar di riferimento. In questo modo la forza percepita dall'operatore su questi tagli rappresentava per lui stesso il valore medio. Una volta iniziata la prova, l'operatore non poteva più richiedere il tralcio di saggio.

Successivamente venivano sottoposti ad ogni operatore, in momenti distinti, successivi e randomizzati, tre tralci di ogni diametro per ogni cultivar, catalogate, al fine di evitare qualsiasi influenza, da un codice alfanumerico non progressivo.

L'operatore, subito dopo ogni taglio, compilava una tabella riportando una valutazione in termini numerici su una scala da 0 a 9. Nessun riscontro veniva fornito agli operatori durante le prove.

I dati raccolti sono stati elaborati statisticamente al fine di calcolare le medie e le varianze. È stata eseguita l'analisi della varianza per definire i fattori

significativamente influenzanti il valore soggettivo e quello registrato.

È stata inoltre condotta l'analisi della correlazione tra la matrice dei dati delle valutazioni soggettive e quella dei dati provenienti dallo strumento sensorizzato.

7.5.3 – Risultati e discussioni

Il materiale raccolto presentava omogeneità relativamente all'umidità che si attestava al 46%. I sensori installati sopra i manici della cesoia hanno conferito via wireless al *PC*, per ogni taglio effettuato, le registrazioni delle curve di forze provenienti dalle sei zone della mano di ogni partecipante alla prova. I file relativi alle acquisizioni sono stati trattati al fine di estrarre da ciascun taglio, il picco massimo occorso per ogni parte della mano indagata. In questo modo è stato possibile avere, per ogni condizione di prova, il picco massimo espresso in N e la durata del taglio espresso in secondi, ovvero il tempo intercorso tra il primo stimolo registrato dal sensore superiore alla soglia di 1,5 N ed il suo ritorno a tale valore. Questo intervallo di tempo veniva considerato taglio attivo sul tralcio.

I dati di valutazione soggettiva dei partecipanti sono stati riportati in un'unica matrice informatica e trattati statisticamente insieme con quelli acquisiti dallo strumento.

Per consentire la valutazione del rapporto tra i dati ottenuti durante la registrazione con lo strumento sensorizzato e quelli ottenuti dalle valutazioni soggettive dei partecipanti alla prova, i dati sono stati standardizzati. In tal modo è stato possibile osservare la distribuzione delle frequenze delle espressioni soggettive che si approssimavano al dato registrato.

Le medie dei valori delle forze registrate attraverso lo strumento sensorizzato, dei valori di stima dei partecipanti e il loro rapporto sono riportati nella tabella successiva (**Tab. 7.4**) dove è anche indicato il risultato del test di *Duncan.*

Tab. 7.4 – Valori medi delle forze acquisite e dei valori di stima (le lettere si riferiscono al test di Duncan)

Cultivar	**Picco di forza (N)**	**Forza(N)**	**Stima (0-9)**	**Rapporto (Acquisito/Stimato)**
0 Cabernet (A)	17.96 a	9.01 a	5.36 a	0.39 ab
1 Moscato di Scanzo	17.05 a	8.38 ab	4.19 bc	0.60 ab
2 Merlot (A)	13.36 ab	6.66 bc	4.27 bc	0.81 ab
3 Moscato giallo	14.61 ab	7.50 abc	4.69 abc	0.45 ab
4 Cabernet (B)	16.79 a	6.10 cd	5.23 ab	0.66 ab
5 Merlot (B)	17.57 a	6.13 cd	4.95 abc	1.56 a
6 Nerello cappuccio	10.76 b	4.28 de	4.08 c	0.35 b

Diametro	**Picco di forza (N)**	**Forza (N)**	**Stima (0-9)**	**Rapporto (Acquisito/Stimato)**
0 (< 5mm)	8.13 c	324.78 c	2.27 c	0.47 b
1 (5-8mm)	15.46 b	708.79 b	5.10 b	0.60 ab
2 (>8mm)	22.69 a	1063.25 a	7.05 a	1.04 a

Dopo aver verificato la distribuzione normale dei dati e l'omogeneità tra le varianze delle variabili osservate, è stata elaborata l'analisi della varianza ANOVA, al fine di far emergere l'influenza statisticamente significativa delle variabili in gioco. L'elaborazione ha mostrato influenza significativa con $p<0,001$ sia sul picco massimo, sia sulla durata del taglio da parte della cultivar, dell'operatore e del diametro. Non si è registrata significatività tra le ripetizioni, sintomo della buona ripetibilità della prova. La significatività emersa anche da parte dell'influenza dell'operatore indica una differente forza esercitata tra i diversi operatori per eseguire lo stesso tipo di taglio.

La stessa elaborazione è stata eseguita per i valori di stima espressi dal panel. Anche in questo caso sono emerse influenze statisticamente significative con $p<0,001$ da parte della cultivar, dell'operatore e del diametro. Le ripetizioni hanno però mostrato significatività $p<0,05$ indicando quindi scarsa ripetibilità nei giudizi dei partecipanti.

Il *boxplot* delle forze (*Fig. 7.12*) e delle durate (*Fig. 7.13*) registrate dai 6 sensori indica la distribuzione delle forze nelle diverse regioni della mano (0=indice, 1=medio, 2=anulare, 3=parte più prossima al pollice, 4=parte poco distante dal pollice, 5=parte più distante dal pollice).

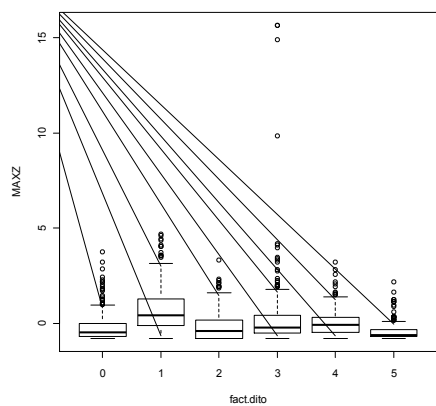



Fig. 7.12 – Picco di forza (valori standardizzati) nelle regioni della mano

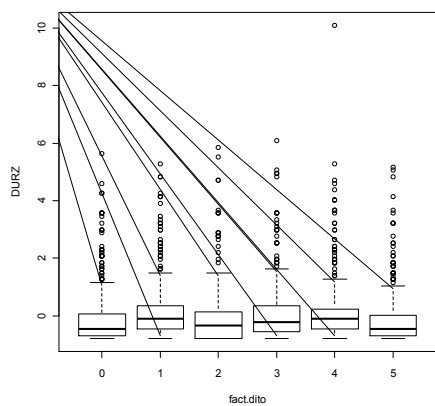



Fig. 7.13 – Durata dei tagli (valori standardizzati) nelle regioni della mano

La distribuzione dei picchi di forza è stata valutata attraverso il test di *Duncan* sulle medie ottenute dai valori di picco rilevate nelle sei aree della mano osservate (**Tab. 7.5**).

Tab. 7.5 – Test di Duncan on sui valori standardizzati dei picchi di forza nelle regioni della mano

Regioni della mano	Valori standardizzati
Indice	- 0.26 d
Medio	0.68 a
Anulare	- 0.16 d
Prossimità del pollice	0.20 b
Zona media del pollice	0.029 c
Distale dal pollice	- 0.48 e

La valutazione di stima del gruppo ha mostrato una significativa correlazione con i risultati registrati dallo strumento (coefficiente di correlazione per ranghi di *Spearman* ρ_s=0,72), mentre i valori elevati di deviazione standard hanno evidenziato una grande variabilità della capacità individuale di stima. I grafici seguenti indicano la variabilità dei valori di stima espressi dal panel (*Fig. 7.14*) e dei risultati di forza media (*Fig. 7.15*) registrati dallo strumento, rispettivamente per le cinque cultivar a confronto, per gli otto partecipanti al panel, per i tre diametri studiati e nelle tre

ripetizioni della prova.

La non corrispondenza tra le variabilità potrebbe essere motivata dall'incapacità da parte dei partecipanti ad attribuire il corrispondente valore alla sensazione provata. Mentre invece il panel è stato, nel complesso, capace di esprimere valori corrispondenti nella valutazione delle cultivar, intercettandone tutte le differenze. Ciò è ancor più manifesto nella distinzione tra i diametri. Le medie dei valori di durata massima del taglio hanno mostrato variabilità per le cultivar e per i diametri (*Fig.7.16 e 7.17*)

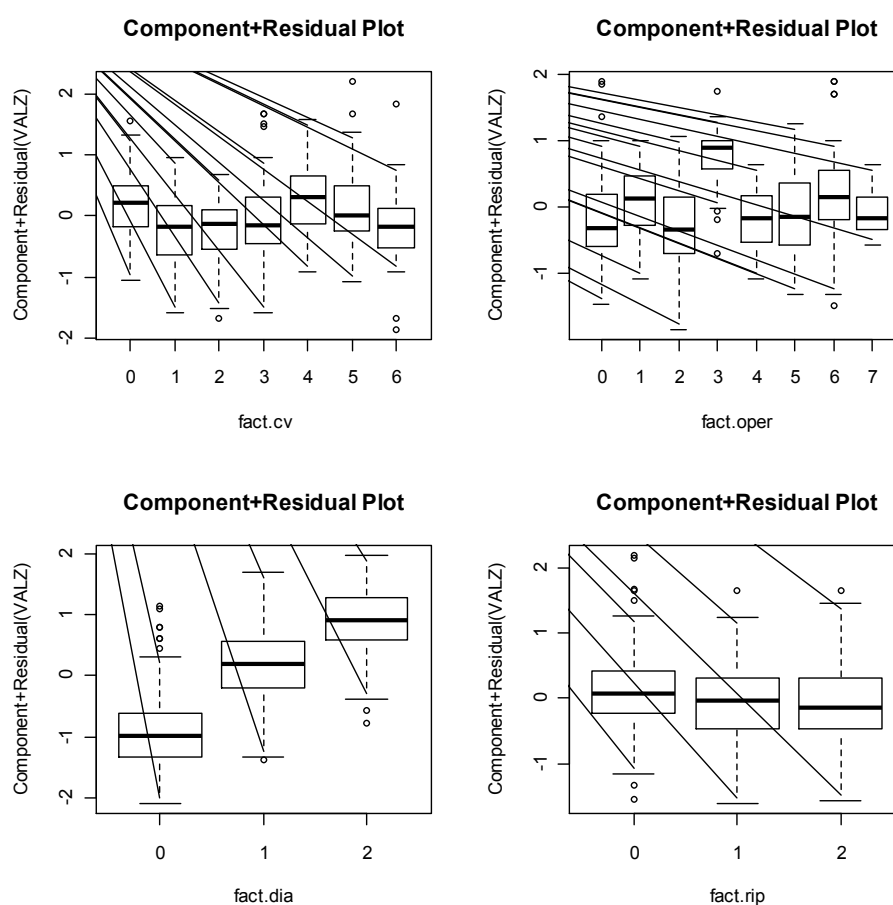



Fig. 7.14 – Boxplot dei valori stimati

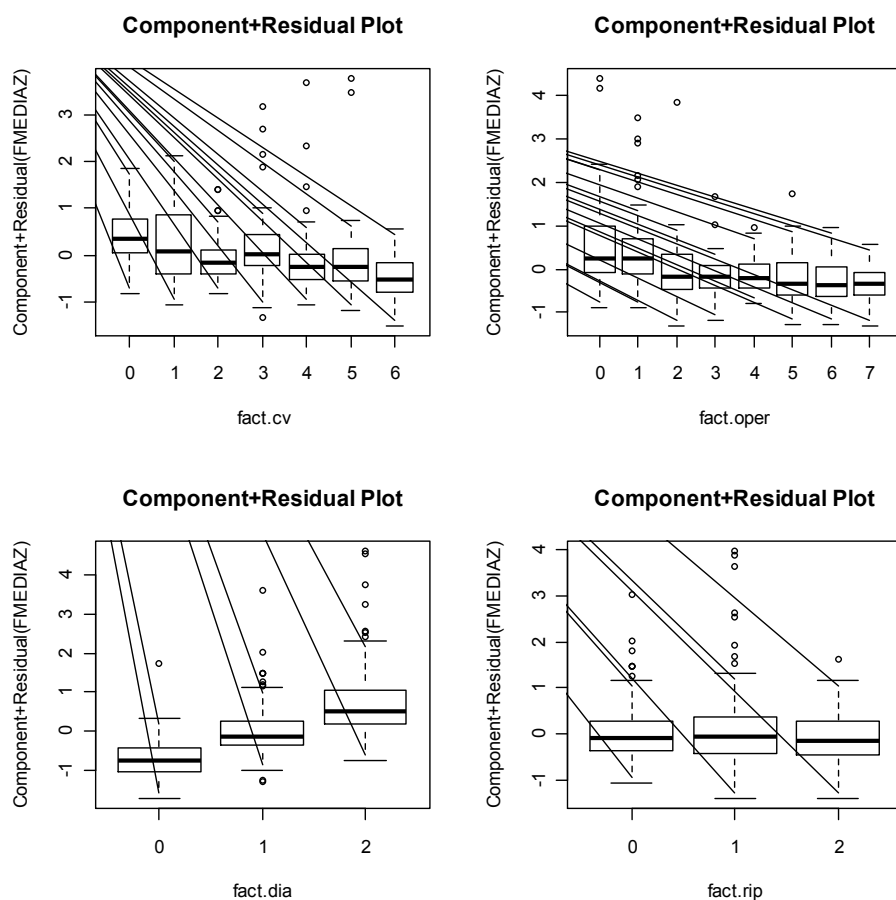



Fig. 7.15 – Boxplot dei valori medi delle forze

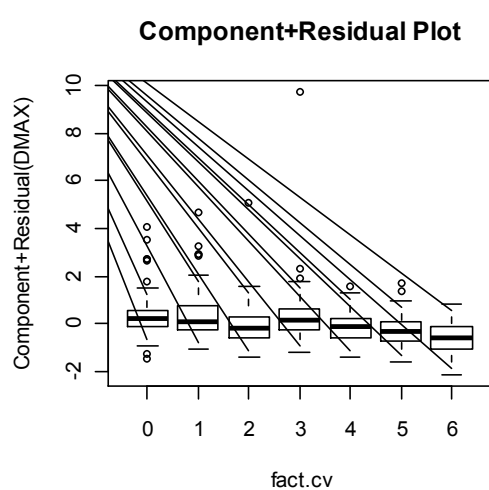



Fig. 7.16 – Durata dei tagli connessa alle cultivar

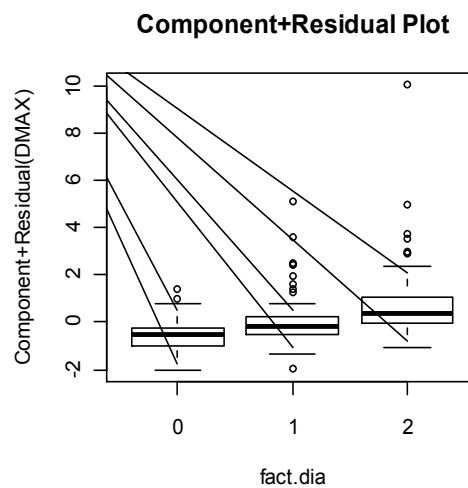



Fig. 7.17 – Durata dei tagli connessa ai diametri

La distribuzione dei rapporti tra la forza media, che potrebbe essere indicativa dello sforzo trasmesso alla mano nel suo complesso, e la valutazione stimata dagli operatori, ha un trend lineare e manifesta l'estrema correlazione tra la valutazione del panel e la forza media registrata.

Stessa osservazione si può trarre dalla distribuzione dei valori stimati nei confronti del picco massimo. La distribuzione tra i valori stimati e i valori registrati è stata studiata anche per operatore al fine di osservarne gli andamenti (*Fig. 7.18*) e l'omogeneità del panel.

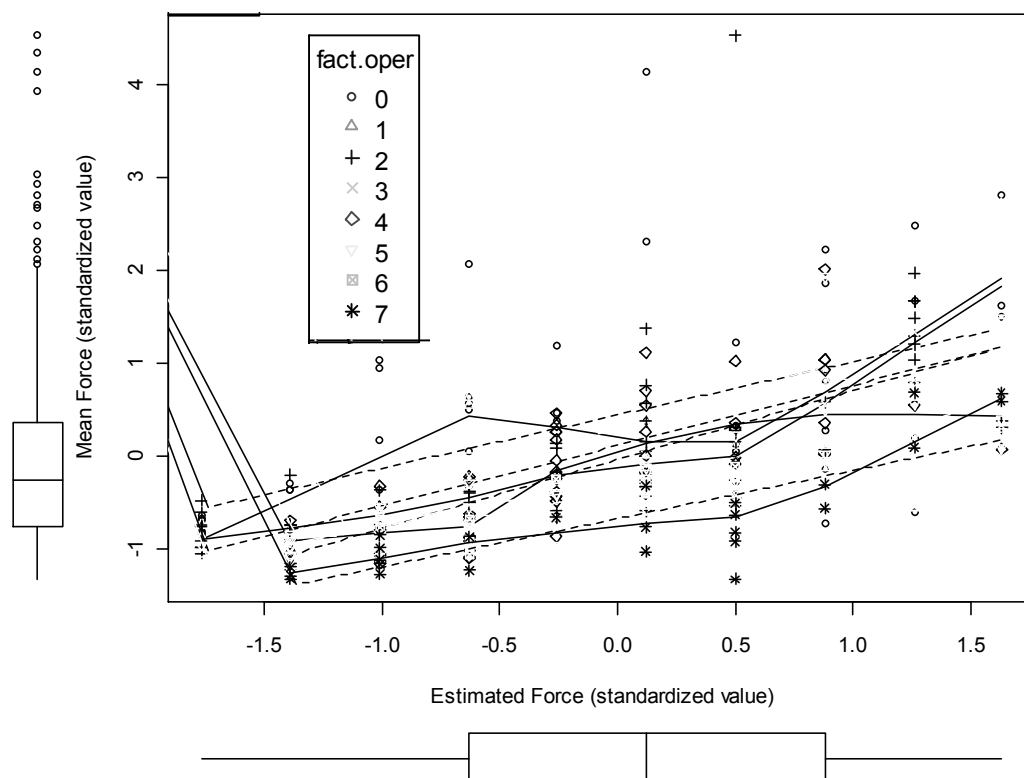



Fig. 7.18 – Regressione lineare tra i valori stimati e di valori acquisiti.

I test di confronto multiplo LSD sviluppato sulle forze medie rilevate, sulle valutazioni e sui rapporti per ogni operatore hanno esplicitato un'elevata omogeneità, raggruppando gli operatori in soli due gruppi (**Tab. 7.6**).

Tab. 7.6 – LSD test sulle forze medie, sui valori stimati e sul loro rapporto

Operatore	Forza media	Stima (0-9)	Rapporto
0	11.29 a	3.55 e	1.48 a
1	10.70 a	5.03 b	1.01 abc
2	71.37 b	3.86 de	1.10 ab
3	7.15 b	6.67 a	-0.03 bc
4	66.81 b	3.94 cde	1.07 abc
5	61.75 b	4.67 bc	0.39 abc
6	64.85 b	4.52 bcd	-0.19 bc
7	61.70 b	4.66 bc	-0.35 c

Si può dedurre che i partecipanti, pur avendo espresso dei giudizi pressoché corretti, non hanno mantenuto la stessa scala di valori, probabilmente il primo taglio indicativo del punto medio della scala non era sufficiente ad ancorare la scala per ogni operatore.

Poiché le condizioni di prova sono state ordinate in modo casuale e uniforme, è stato possibile valutare se l'errore di stima fosse affetto dalla successione dei campioni e dunque ad una sopraggiunta stanchezza. Un'analisi di regressione tra la forza registrata e la successione dei tagli non ha mostrato alcun effetto significativo ($R^2 = 0,008$).

In definitiva i risultati dell'esperimento hanno mostrato una grande variabilità tra i soggetti nella capacità di stimare la forza di taglio, come anche indicato in altri lavori (*Mcgorry et al., 2004, Kumar et al., 1997*). I partecipanti, pur avendo espresso dei giudizi pressoché coerenti col taglio effettuato, non hanno mantenuto la stessa scala di valori, probabilmente perché i tagli di prova indicativi del punto medio della scala non erano sufficienti ad ancorare la scala soggettiva di ogni operatore. Ricerche

hanno dimostrato che la percezione della forza può essere fortemente influenzata dalla presenza di pressioni locali (*Fransson-Hall et al., 1993*), forse perché la capacità di stimare con precisione una forza applicata può essere influenzata più da meccanismi di feedback tattile o di pressione che dalla percezione della tensione interna prodotta nei muscoli e nei tendini (*Mcgorry et al., 2004*). Potrebbe essere questa la causa della variabilità presente all'interno del panel.

7.5.4 – Conclusioni e prospettive

I valori registrati attraverso i sensori hanno mostrato uniformità tra i giudizi dei partecipanti ed elevata ripetibilità delle prove. Infatti, la distribuzione dei rapporti tra la forza media (riferita all'intera mano e ottenuta attraverso le misurazioni effettuate con la cesoia) e la valutazione media stimata dagli operatori, ha un trend lineare e manifesta una elevata correlazione (coefficiente di correlazione per ranghi di *Spearman* ρ_s=0,72).

In definitiva, i risultati conseguiti consentono di ritenere che i valori ottenuti tramite la cesoia sensorizzata possano essere trattati in modo da sostituire le espressioni soggettive provenienti dagli operatori.

In conclusione, pur con tutti i limiti connessi alle differenze fra le azioni svolte in laboratorio e quelle in campo, le prove effettuate consentono di affermare che la forbice sensorizzata fornisce dati coerenti e indica il successivo passaggio della ricerca, che consisterà nella conversione dei dati, registrati mediante la forbice, nei valori della *scala di Borg*, in quanto l'indice *OCRA* è tarato sull'impiego di tale scala.

7.6 – Valutazione del rischio di sovraccarico biomeccanico tramite valori della forza misurati dalla cesoia sensorizzata

7.6.1 – Obiettivi

I risultati conseguiti nel precedente paragrafo (§ 7.5) consentono di ritenere che i valori ottenuti tramite la cesoia sensorizzata possano essere trattati in modo da sostituire le espressioni soggettive provenienti dagli operatori.

Lo studio del presente paragrafo si propone di convertire i valori numerici dello sforzo ottenuti dalla cesoia sensorizzata (§ 7.4) nei punteggi della *scala di Borg*, al fine di completare la procedura mediante la quale calcolare il rischio da sovraccarico biomeccanico utilizzando valori misurati al posto delle espressione soggettive comunemente impiegate.

Inoltre, si è inteso verificare se ci siano regioni della mano sottoposte a sforzo maggiore rispetto ad altre e se utilizzando, per il calcolo dell'*indice OCRA*, i valori medi della regione più sollecitata, potrebbero evidenziarsi rischi muscolo - scheletrici altrimenti localizzate in regioni specifiche, rischi che verrebbero sottostimati a causa dell'impiego dei valori medi riferiti all'intera mano.

7.6.2 – Materiali e metodi

Il piano sperimentale. La valutazione delle forze ha riguardato il taglio di tralci di 5 cultivar largamente diffuse nella Sicilia orientale: *Chardonnay*, *Merlot, Nerello cappuccio, Nerello mascalese e Nero d'Avola*.

Oltre alle osservazioni di campo, per la valutazione soggettiva della forza impiegata è stato utilizzato un questionario, somministrato ad un campione di 20 potatori durante il rilevamento. I lavoratori hanno attribuito dei giudizi verbali e non numerici (ad es. lieve, moderato, ecc.) per ogni cultivar presa in esame.

I giudizi sono stati poi convertiti in un punteggio della *scala di Borg* CR10 ed è stato calcolato il punteggio medio relativo alla forza.

I valori numerici della forza sono stati desunti dalle prove di taglio del § 7.4. I valori ricavati sono stati riferiti al valore limite di massima capacità di forza fornito dallo standard internazionale EN 1005-3 e sono stai convertiti nei punteggi della *scala di Borg*. Le simulazioni di calcolo dell'esposizione prendendo in considerazioni i valori misurati della forza sono state effettuate tramite il software

"midaOCRAmulticompiti" (*Colombini et Occhipinti, 2005*).

Per ogni cultivar, durante le valutazioni e il calcolo dell'*OCRA Index*, è stato impiegato sia il valore medio dell'intera mano sia il valore medio della regione più sollecitata, e i risultati ottenuti sono stati confrontati.

Permangono dei limiti del lavoro insiti nell'aver desunto i valori della forza da prove di laboratorio e non di campo. Il personale coinvolto non conduce abitualmente operazioni di potatura ed è stato appositamente istruito all'uso della cesoia.

La conversione dei valori misurati in punteggio della scala di Borg. La conversione in oggetto presenta alcuni aspetti presi in considerazione dalla Norma europea EN 1005-3, *Raccomended force limits for machinery operation*, che rappresenta una guida per il fabbricante di macchine per quanto riguarda il controllo dei rischi per la salute dovuti all'impiego di forza muscolare correlata alla macchina. La presente norma specifica i limiti di forza raccomandati per le azioni durante il funzionamento di un macchinario e descrive una metodologia per il calcolo dei limiti di massima capacità di forza (F_L) esercitabile durante l'uso tenendo conto dei diversi tipi di azione e delle caratteristiche della popolazione target. I limiti di forza raccomandati sono applicabili alla maggior parte degli uomini e delle donne di una popolazione generale in postura di azione ottimale e in circostanze ideali.

Questi valori sono ottenuti partendo da valori calcolati (F_b), per diverse attività, nella popolazione target, poi ponderati da una serie di coefficienti (m_v, m_f, m_d) che tengono conto di altri fattori di rischio influenti quali la velocità, la frequenza e la durata dell'azione. La valutazione prevede tre passaggi:

A) determinazione delle capacità di base di generazione della forza (F_b);

B) individuazione dei moltiplicatori di rischio (m_v, m_f, m_d);

C) calcolo della massima capacità di forza (F_L) ponderata rispetto agli altri fattori di rischio;

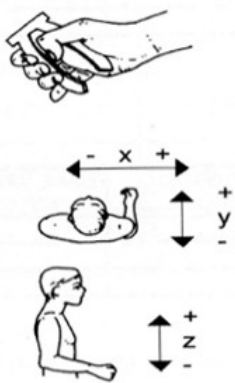
A) Questa prima fase prevede il calcolo della capacità di forza base (F_b) necessaria per compiere azioni specifiche, in riferimento a specifiche popolazioni di utilizzatori. In genere si fa riferimento a valori pre-calcolati (*Fig. 7.19*).

Tipo	Azione	Uso professionale (F_L in N)
	Lavoro della mano (una mano in grip):	250
	Lavoro del braccio/posizione seduta, un braccio):	
	in su (z, +)	50
	in giù (z, –)	75
	in fuori (x, +)	55
	in dentro (x, –)	75
	spingere (y, +):	
	con schienale	275
	senza schienale	62
	tirare (y, –):	
	con supporto	225
	senza supporto	55

Fig. 7.19 – Valori pre-calcolati di limiti di capacità di forza (F_b) per alcune azione in campo professionale (EN 1005-3)

B) Individuazione dei moltiplicatori di rischio (m_v, m_f, m_d).

Moltiplicatore della velocità m_v. La massima capacità di forza si riduce se i movimenti sono molto rapidi. Questo aspetto è trattato dal moltiplicatore di velocità m_v (**Tab. 7.7**).

Tab. 7.7 – Moltiplicatore di velocità m_v, correlato alla velocità di movimento

Velocità	no l'azione non implica alcun movimento, o movimenti molto lenti	sì l'azione implica un movimento evidente
m_v	1,0	0,8

Moltiplicatore di frequenza m_f. Le azioni ripetute frequentemente provocano lo sviluppo di affaticamento e pertanto riducono la capacità di forza massimale. Gli effetti di affaticamento dipendono dalla relazione tra la durata di ciascuna azione e la frequenza con la quale l'azione si verifica (**Tab. 7.8**).

Tab. 7.8 – Moltiplicatore di frequenza m_f, correlato alla durata delle singole azioni e alla loro relativa frequenza

Tempo di azione	Frequenza delle azioni (min^{-1})			
min	≤0,2	>0,2 - 2	>2 - 20	>20
≤0,05	1,0	0,8	0,5	0,3
>0,05	0,6	0,4	0,2	non applicabile

Moltiplicatore della durata m_d. L'affaticamento si sviluppa gradualmente con il tempo durante il lavoro continuativo. Il moltiplicatore m_d tiene conto dell'effetto durata (**Tab. 7.9**).

Tab. 7.9 – Moltiplicatore di durata m_d, correlato alla durata di azioni simili

Durata (h)	≤1	>1 - 2	>2 - 8
m_d	1,0	0,8	0,5

C) Il calcolo della massima capacità di forza (F_L) ponderata rispetto agli altri fattori di rischio è ottenuto dalla formula:

$$F_L = F_b * m_v * m_f * m_d \text{ [N]}.$$

7.6.3 – Risultati e discussioni

Calcolo della massima capacità di forza. É necessario preliminarmente ricavare la massima capacità di forza F_L esercitabile attraverso il movimento della mano contraddistinto dall'opposizione tra il pollice e le altre dita (tipico della presa di una forbice). Partendo dal valore base tabellato, F_b = 250 N (*Fig. 7.20*) e considerato che il lavoro è caratterizzato da movimenti rapidi e ad alta frequenza per l'intero turno di lavoro, la massima capacità di forza F_L è stata stimata in 30 N.

$$F_L = F_b * m_v * m_f * m_d = 30 \text{ [N]}$$

con, $m_v = 0{,}8$, $m_f = 0{,}3$, $m_d = 0{,}5$

Tipo di presa	Azione	Uso professionale di forza F_b [N]
	Lavoro della mano	**250**

Fig. 7.20 – Valore pre-calcolato di limite di capacità di forza (F_b)

Con riferimento alla stessa norma, al semplice spostamento dell'arto che impugna la forbice viene assegnato un valore pari al 5% della F_L, considerandola un'azione non richiedente forza.

Valutazione dei potatori. Dalle osservazioni condotte e dal questionario sono emerse risposte molto omogenee da parte degli operatori sulla percezione dello sforzo nelle diverse cultivar di vite, ed è stato possibile ricavare un giudizio unico per ogni cultivar, e il corrispettivo valore nella *scala di Borg CR10* (**Tab. 7.10**).

Tab. 7.10 – Giudizi sullo sforzo

Cultivar	Giudizio sforzo	Valore Borg
Nerello cappuccio	moderato	3,5
Nero d'Avola	leggero-moderato	2,5
Chardonnay	leggero	2
Merlot	leggero	2
Nerello mascalese	leggero	2

Valori rilevati. Di seguito sono riportati i valori della forza e della durata dello sforzo desunti dalle prove di taglio con la cesoia sensorizzata (**Tab. 7.11**).

Tab. 7.11 – Valori della forza e della durata

	Forza [N]				**Durata [s]**			
	Minina	Massima	**Media**	Dev.St	Min	Max	**Media**	Dev.St
Nerello cappuccio	9,00	37,50	**23,25**	14,25	0,45	1,90	**1,20**	0,75
Nero d'Avola	7,00	23,00	**15,00**	8,00	0,40	1,10	**0,75**	0,35
Chardonnay	7,50	20,00	**13,75**	6,25	0,20	1,20	**0,70**	0,50
Merlot	3,50	23,00	**13,25**	9,75	0,25	0,70	**0,47**	0,22
Nerello mascalese	4,00	20,50	**12,25**	8,25	0,17	0,62	**0,40**	0,22

Nella *Fig. 7.21* sono riportati i valori medi della forza per singola regione della mano ottenuti durante le prove di taglio con la cesoia sensorizzata.

Per tre cultivar (*Nerello cappuccio, Chardonnay, Merlot*) l'andamento della forza è pressoché simile. Dal grafico si evince inoltre che, fra le dita della regione centrale della mano (medio e anulare), si registrano forze molto simili e pari a circa il doppio ai valori registrati per l'indice. Andamento similare mostrano anche le cultivar *Nero d'Avola* e *Nerello mascalese*, dove la flessione dei valori registrati per l'indice rimane evidente, ma meno marcata.

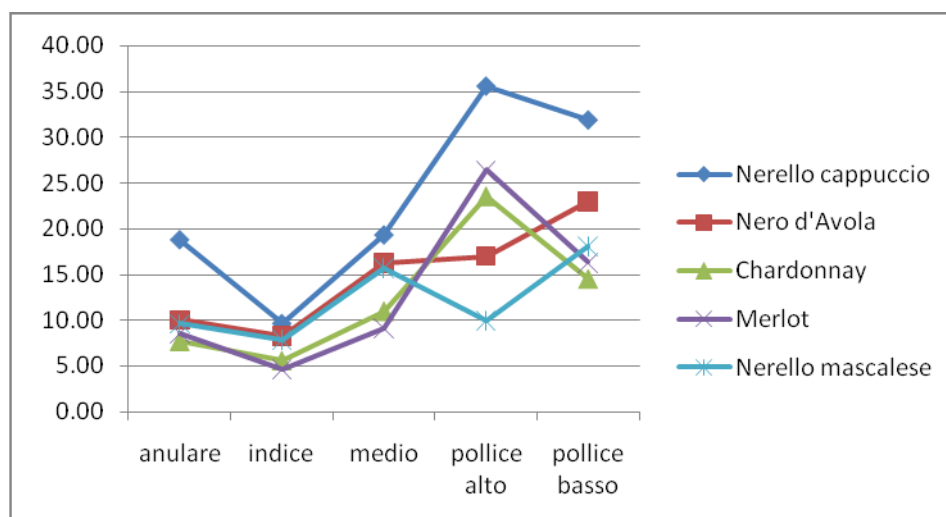



Fig. 7.21 - Valori medi di forza [N] per regione della mano

Il valore massimo, per quattro vitigni su cinque, è stato registrato in corrispondenza della parte più alta del pollice che, durante il taglio, si oppone maggiormente alle altre dita.

Nel caso del *Nerello mascalese*, la cui resistenza al taglio è ritenuta la minore si può ipotizzare che la parte alta del pollice venga solo moderatamente utilizzata.

Di seguito (*Fig. 7.22*) sono riportati i valori medi della durata per singola regione della mano ottenuti durante le prove di taglio con la cesoia sensorizzata. L'analisi statistica sulla durata media dei tagli non ha fatto registrare differenze significative fra le diverse regioni della mano.

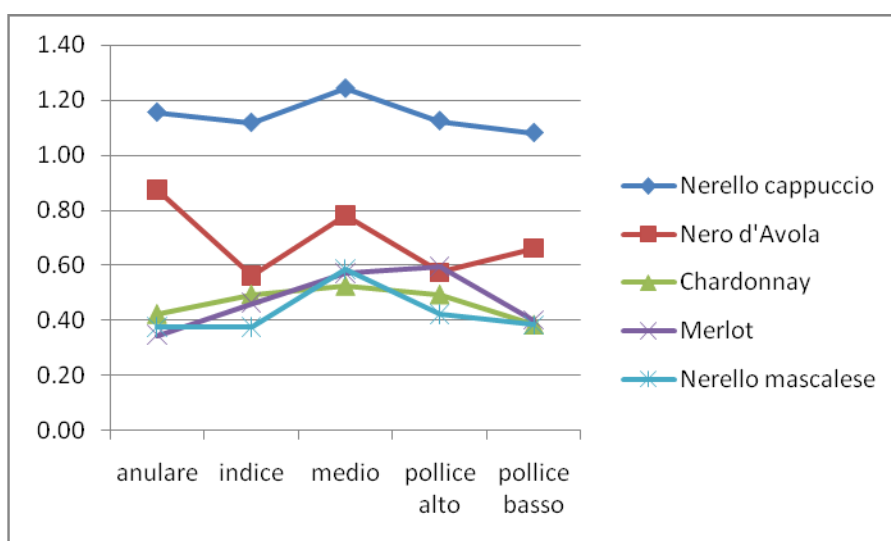



Fig. 7.22 – Valori medi di durata [s] per regione della mano

Nella successiva tabella (**Tab. 7.12**) si riporta il livello percentuale dei valori desunti rispetto al valore limite di massima capacità di forza F_L (30 N), ricordando che con F_m si intende la forza media rilevata durante il taglio e riferita all'intera mano, e con F_M la forza riferita alla regione della mano più sollecitata..

Tab. 7.12 – Livello rispetto a F_L (%): sono riportati i valori delle forza medie F_m e F_M ricavate dalle prove di taglio e i rispettivi "livelli percentuale"

	Forza media F_m [N]	**Forza massima F_M [N]**	**Livello percentuale F_m/F_L*100 [%]**	**Livello percentuale F_M/F_L*100 [%]**
Nerello cappuccio	23,25	37,50	78	125
Nero d'Avola	15,00	23,00	50	77
Chardonnay	13,75	20,00	46	67
Merlot	13,25	23,00	44	77
Nerello mascalese	12,25	20,50	41	68

Calcolo dei punteggi di Borg. Per ciascun vitigno è stato calcolato il "valore di forza ponderato" (rispetto alla forza limite F_L corrispondente), dal quale valore è stato ottenuto il punteggio medio ponderato utilizzando la *scala di Borg CR10* secondo una metodologia prevista dal metodo OCRA (*Colombini e Occhipinti*, 2005).

A fini esplicativi, si riportano i calcoli relativi al solo vitigno *Nero d'Avola*, considerando un tempo medio rilevato in campo per potare una pianta pari a 24 secondi e il "livello percentuale" di forza calcolato prima con F_m (**Tab. 7.13**) e poi con F_M (**Tab. 7.14**).

Tab. 7.13 – Calcolo del punteggio di *Borg* per *il Nero d'Avola* utilizzando F_m

	A	**B_1**	**B_2[a]**	**A x B_2**
Ripartizione del tempo medio di potatura [s]	Ripartizione del tempo medio di potatura [%]	F_M/F_L*100	Punteggio nella scala di Borg	Punteggio di Borg ponderato
tagli = 7,5	31	50	5,00	1,56
spostamenti = 16,5	69	5[b]	0,50	0,34
TOT = 24	**100**	**Punteggio Totale**		**1,91**

[a] $B_2 = B_1/10$
[b] Per gli spostamenti: $B_1 = F_L * 5/100$

Tab. 7.14 – Calcolo del punteggio di *Borg* per il *Nero d'Avola* utilizzando F_M

	A	**B_1**	**B_2**[a]	**A x B_2**
Ripartizione del tempo medio di potatura [s]	Ripartizione del tempo medio di potatura [%]	F_M/F_L*100	Punteggio nella scala di Borg	Punteggio di Borg ponderato
tagli = 7,5	31	77	7,7	2,41
spostamenti = 16,5	69	5[b]	0,5	0,34
TOT = 24	**100**	**Punteggio Totale**		**2,75**

[a] $B_2 = B_1/10$
[b] Per gli spostamenti: $B_1 = F_L * 5/100$

Confronti fra i punteggi della forza in scala di Borg. In **Tab. 7.15** sono riportati i punteggi in *scala di Borg CR10* secondo le valutazioni sulla forza fornite dai lavoratori [A], secondo la forza media esercitata dall'intera mano [B], secondo la forza media esercitata dalla regione della mano più sollecitata [C].

Tab. 7.15 – Valori di *Borg*: valutazioni dei lavoratori, punteggi calcolati, posizionamenti nella scala

Vitigno	**A**	**B**	**C**
Nerello cappuccio	3,5 (Moderato)	3,13 (Moderato)	4,82 (Forte)
Nero d'Avola	2,5 (Leggero – moderato)	**1,91** (Leggero)	**2,75** (Leggero – moderato)
Chardonnay	2 (Leggero)	1,82 (Leggero)	2,49 (Leggero – moderato)
Merlot	2 (Leggero)	0,99 (Molto leggero)	1,41 (Molto leggero – leggero)
Nerello mascalese	2 (Leggero)	1,04 (Molto leggero)	1,45 (Molto leggero – leggero)

Dalla tabella risulta che i punteggi della *scala di Borg CR10* utilizzando la forza media dell'intera mano [B] sono sempre inferiori ai punteggi forniti dai lavoratori durante le interviste [A]. Per tre vitigni (*Nerello cappuccio, Nero d'Avola, Chardonnay*), i punteggi calcolati utilizzando la forza media esercitata dalla regione della mano più sollecitata [C] determinano un salto di livello nella *scala di Borg CR10* rispetto a [B].

Dalle prove sembra emergere in qualche caso la difficoltà per i lavoratori nella valutazione dello sforzo medio necessario per eseguire il lavoro, confondendolo con lo sforzo massimo che alcuni tagli richiedono. Infatti, gli sforzi minori vengono

decisamente sopravvalutati. Invece, per quelli maggiori (*Nerello cappuccio*) la valutazione media appare sostanzialmente corretta.

Da evidenziare, inoltre, il fatto che nell'esprimere un giudizio sullo sforzo il lavoratore tende a sovrastimare lo sforzo muscolare perché spesso lo confonde con la stanchezza complessiva che avverte mentre esegue il lavoro. La stanchezza dipende sia da una serie di fattori che caratterizzano il lavoro stesso (non solo forza richiesta, ma anche ambiente di lavoro, attrezzature, ritmi e orari di lavoro, ecc.) sia dal contesto lavorativo (organizzazione, motivazione, relazioni interpersonali sul luogo di lavoro, ecc.).

Confronti fra gli indici OCRA. Di seguito (**Tab. 7.16**) si riportano i punteggi *OCRA Index* relativi alle 5 cultivar, calcolati utilizzando:

– (A) i punteggi ottenuti dalle valutazioni riferite dai lavoratori durante le interviste;
– (B) i punteggi ottenuti dalla forza media esercitata dall'intera mano;
– (C) i punteggi ottenuti dalla forza media esercitata dalla regione della mano più sollecitata;

Tab. 7.16 - Punteggi *OCRA Index* relativi alle cultivar

Vitigno	Azioni tecniche n./min	A	B	C
Nerello cappuccio	44	**10,7 Rischio elevato**	**8,3 Rischio medio**	**18,7 Rischio elevato**
Nero d'Avola	49	**7,6 Rischio medio**	**6,4 Rischio medio**	**8,3 Rischio medio**
Chardonnay	54	**7,1 Rischio medio**	**6,5 Rischio medio**	**8,3 Rischio medio**
Merlot	33	**4,3 Rischio lieve**	**3,3 Rischio borderline**	**3,7 Rischio lieve**
Nerello mascalese	46	**6,0 Rischio medio**	**4,6 Rischio medio**	**5,2 Rischio medio**

L'OCRA index (B) è risultato in media più basso del 18,4% rispetto a *OCRA Index (A)*; il calo minore, pari al 7,1% si è avuto nello *Chardonnay*; le diminuzioni più significative, pari al 23,5%, si sono avute nel *Merlot* e nel *Nerello mascalese*, in cui l'abbassamento dell'indice di esposizione è coinciso con una diminuzione del rischio da medio a lieve. Nel *Nerello cappuccio* si è avuto un calo dell'indice pari al 22,3%,

portando il rischio da elevato a medio. Ciò è interpretato come diretta conseguenza della sovrastima degli sforzi da parte degli operatori.

Per quanto riguarda L'*OCRA Index (C),* il dato più allarmante si è avuto nel *Nerello cappuccio*, dove si è registrato l'aumento maggiore dell'indice di esposizione, pari al 125% (rispetto a *B*), con un passaggio dalla fascia di rischio medio (fascia rossa) alla fascia di rischio elevato (fascia viola). Negli altri casi si è avuto un incremento medio del 21%. Gli aumenti meno significativi, pari al 13%, si sono avuti nel *Nerello mascalese* e nel *Merlot*. In quest'ultimo caso l'aumento dell'indice, ha comportato il passaggio dalla fascia di rischio borderline o rischio molto leggero (fascia gialla) alla fascia di rischio lieve (fascia rossa leggero). In generale, *l'OCRA Index* calcolato con i valori medi della regione più sollecitata della mano è risultato in media più alto del 42% (rispetto a B).

Secondo il modello previsionale (*Colombini et al., 2005*), fra i lavoratori addetti alle operazioni di potatura nel medio/lungo periodo, si dovrebbe verificare una variazione della morbosità (numero di soggetti ammalati di una o più patologie muscolo-scheletriche per 100 esposti) in base al valore dell'*OCRA Index* calcolato (*Fig. 7.23*).

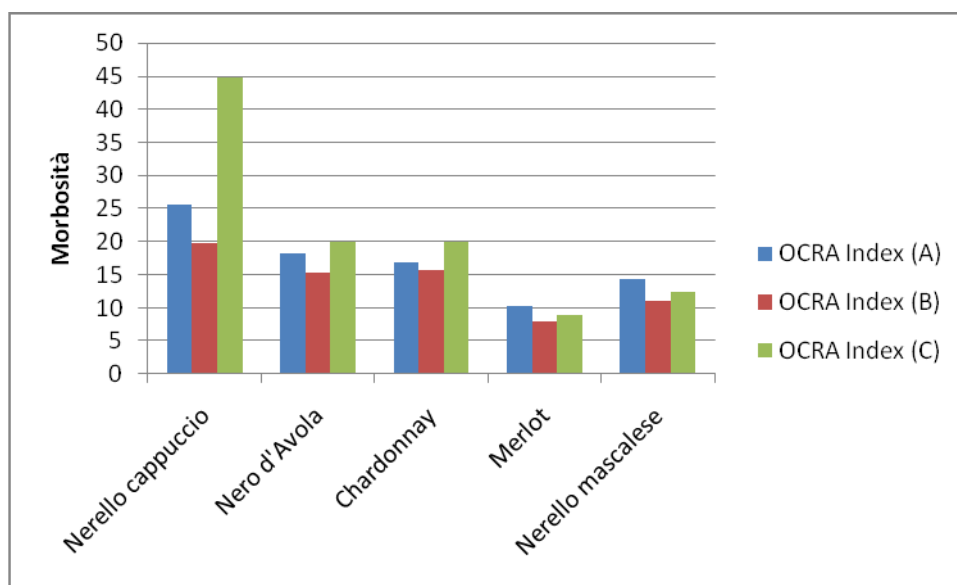



Fig. 7.23 – Morbosità (numero di soggetti ammalati di una o più patologie muscolo-scheletriche per 100 esposti) secondo il modello previsionale OCRA

7.6.4 – Conclusioni e prospettive

I valori medi delle forze esercitate dall'intera mano e dalla regione della mano più sollecitata, misurati durante le prove di taglio tramite la cesoia sensorizzata, sono stati convertiti nei punteggi di *Borg*. I risultati della conversione mostrano una sostanziale vicinanza fra i valori espressi dagli operatori e i valori dello sforzo medio riferito all'intera mano. Invece, fra i suddetti valori medi (riferiti all'intera mano) e i valori medi della regione della mano più sollecitata (pollice) possono aver luogo differenze anche cospicue.

In termini di *OCRA Index,* l'esposizione calcolata con i valori medi riferiti all'intera mano è risultata più bassa del 18,4% rispetto all'esposizione calcolata con i valori dello sforzo espressi dagli operatori con la *scala di Borg*.

Invece, il rischio muscolo - scheletrico, calcolato con i valori della forza media riferiti alla regione della mano più sollecitata, è risultato mediamente più alto del 42% rispetto al rischio calcolato con i valori medi riferiti all'intera mano, con un picco del 125% per la cultivar *Nerello cappuccio*.

Appare pertanto confermato che, durante le operazioni di taglio eseguite con forbici di comune uso, talune regioni della mano possono risultare particolarmente sollecitate e che la metodologia e la strumentazione utilizzate nelle prove sono state in grado di evidenziare tale fenomeno.

Le informazioni riferite ai valori dello sforzo distinti per singola regione della mano, desunte dalla presente ricerca, sembrano indirizzare verso la necessità di condurre approfondimenti di natura ergonomica nei riguardi di operazioni che comportano prese con la mano di tipo *pinch.* Di conseguenza, accurate indagini e screening sui rischi muscolo - scheletrici correlati al lavoro dovranno essere condotte nei riguardi della categoria dei potatori e, più in generale, di tutti coloro che svolgono mansioni similari, anche quando i valori medi riferiti all'intera mano non fossero particolarmente allarmanti. In particolare, appare evidente che il questionario da somministrare ai lavoratori impegnati in lavori agricoli dovrà tenere conto di ogni dettaglio e di ogni specificità della mansione condotta.

CAPITOLO VIII

IL PARAMETRO "FREQUENZA" NEL CALCOLO DEL RISCHIO BIOMECCANICO NELLA POTATURA MANUALE DEL VIGNETO

8.1 – Premessa

Le indagini sin qui svolte in merito al sovraccarico biomeccanico sia nelle operazioni condotte in serra tramite la piattaforma semovente innovativa (*CAP. V*) che nel vigneto (*CAP. VI*) hanno tutte confermato l'importanza del fattore frequenza sul calcolo del rischio muscolo - scheletrico, nonché suggerito la necessità di meglio indagare sulla possibile variazione del ritmo di lavoro durante la giornata. Tale variazione appare come una circostanza tipica del lavoro agricolo e potrebbe essere in grado di influenzare sensibilmente il valore dell'*indice OCRA*, in rapporto al momento della giornata nel quale vengono effettuati i rilevamenti in campo.

Peraltro, la frequenza può essere ritenuta il fattore di rischio di maggior importanza e rappresenta un elemento discriminante del compito lavorativo da sottoporre a valutazione (*Colombini et al.*, *2005*).

Da recenti studi, (*Regione del Veneto*, *2008*) sembra che ci sia un'evidenza di associazione fra la ripetitività dei gesti e le patologie dell'arto superiore e soprattutto a carico del collo, della spalla e del sistema polso-mano, ad esclusione del gomito, articolazione per la quale l'evidenza non appare altrettanto accertata.

Nell'applicazione pratica, tuttavia, non potendo eseguire misure dirette della frequenza di ciascun distretto articolare, la maggior parte dei protocolli di indagine proposti in letteratura tende a valutare la frequenza in senso complessivo, quantificando le azioni meccaniche nell'unità di tempo (n. azioni tecniche/minuto).

Con queste premesse, viene presentata una ricerca volta a verificare l'incidenza del fattore frequenza sul calcolo del rischio muscolo scheletrico degli arti superiori durante il lavoro di potatura invernale del vigneto. Accertata la variabilità della frequenza (produttività oraria) nei diversi periodi della giornata lavorativa, si è voluto, calcolare gli *indici OCRA* con la frequenza media calcolata a intervalli di tempo regolari e prefissati e confrontarli con l'indice calcolato con la frequenza

media giornaliera, al fine di evidenziare le differenze fra gli indici ottenuti e, in definitiva, i rischi di una valutazione che non tenga conto che, in agricoltura, le variazioni di frequenza possono essere sensibili. La ricerca ha inteso altresì effettuare una prima verifica in termini di prevedibilità dell'andamento giornaliero della frequenza degli atti ripetitivi.

8.2 – Analisi della frequenza

L'analisi della frequenza d'azione comporta dunque la descrizione delle azioni tecniche svolte dagli arti superiori durante lo svolgimento di un compito lavorativo (numero di azioni al minuto). Per identificare e conteggiare le azioni tecniche, è necessario filmare i compiti lavorativi ripetitivi eseguiti nel turno dall'operatore (o da un gruppo omogeneo di lavoratori) e successivamente analizzarne le varie fasi a rallentatore. Le azioni tecniche devono essere contate separatamente per l'arto superiore destro e sinistro, in quanto vi possono essere compiti, assegnati ai lavoratori, nei quali gli arti compiono azioni differenti e la frequenza e lo sforzo compiute da un arto sono superiori rispetto all'altro, esponendo dunque l'arto più affaticato ad un rischio maggiore. Individuato il numero di azioni tecniche nel ciclo e conoscendo, dall'analisi organizzativa effettuata, le durate del compito ripetitivo e del relativo ciclo è possibile ricavare la frequenza di azione (azioni/min.) e il numero di azioni totali svolte nel turno. In generale, per il calcolo della frequenza delle azioni è necessario determinare:

- *il tempo netto di compito ripetitivo;*
- *il numero di cicli nel compito ripetitivo;*
- *la durata di ciascun ciclo;*
- *il numero di azioni per ciclo;*
- *la frequenza delle azioni nell'unità di tempo;*
- *il numero complessivo delle azioni nel turno.*

Il calcolo della frequenza così come descritto, se riferito ad un tempo di osservazione di lunghezza adeguata, permette di minimizzare gli errori di calcolo dovuti alle variazioni del ritmo di lavoro che normalmente si verificano nell'esecuzione di un compito e permette, inoltre, di ottenere la frequenza media

necessaria per svolgere ciascun compito lavorativo durante un periodo assegnato (*Colombini et Occhipinti)*.

Nella letteratura tradizionale si definisce ripetitivo un lavoro caratterizzato da cicli con una durata inferiore a 30 secondi (2 cicli/minuto) oppure quando il 50% del tempo del ciclo, indipendentemente dalla durata, è speso compiendo lo stesso gesto lavorativo o sequenza di gesti (*Silverstein et al., 1986, 1987*).

La ripetitività è dunque strettamente legata alla frequenza di azione, cioè il numero di azioni tecniche nell'unità di tempo (azioni/minuto). Per azione tecnica si intende un'azione che comporta attività meccanica e che può essere identificata con il complesso dei movimenti (di uno o più segmenti degli arti superiori) che consentono il compimento di un'operazione finalizzata, e non con il singolo gesto o elementare movimento biomeccanico (*Colombini et al., 2005*).

Nella potatura manuale del vigneto, contraddistinta da un rischio di esposizione, la ripetitività è strettamente legata alla frequenza dei tagli e delle azioni tecniche connesse (*Montomoli et. al., 2008, 2010; Schillaci et al., 2009, 2010*).

8.3 – Metodologia

Le azioni tecniche e la frequenza dei gesti sono state valutate sia in campo sia riesaminando al rallentatore i video-filmati del lavoro. L'analisi statistica è stata effettuata per mezzo dei software di dominio pubblico Assistat ed R.

I dati sono stati raccolti su un campione di 18 potatori professionisti e per ognuno di essi sono state eseguite 8 ripetizioni. I fattori presi in considerazione sono stati: i due attrezzi utilizzati (forbice tradizionale e cesoia a manici lunghi), i 3 vitigni (*Nero d'Avola, Merlot, Nerello mascalese*) e 3 diverse fasce orarie della giornata lavorativa (7÷9 - 9÷11 - 12÷15). L'influenza dei fattori è stata estrapolata attraverso l'analisi della varianza (ANOVA).

Una volta verificata statisticamente la distribuzione normale delle frequenze rilevate in campo ed evidenziati i fattori che le influenzano, si è proceduto tracciando le curve della produttività giornaliera e calcolando gli *indici OCRA*. Il calcolo è stato effettuato in due cantieri di potatura: cantiere "forbice" (taglio con forbice tradizionale) e cantiere "cesoia" (taglio con cesoia a manici lunghi). Per ogni cantiere sono stati calcolati gli indici con la frequenza media giornaliera e la frequenza media

per fasce orarie, suddividendo la giornata di lavoro (7÷15) in fasce di tempo di un'ora. Il valore della forza è stato ricavato dai giudizi espressi dai potatori, è stato considerato un fattore "recupero" adeguato per ogni ora di lavoro. Il calcolo ha riguardato il solo arto dominante, che è quello sottoposto a maggiore affaticamento.

Le curve della produttività giornaliera del lavoro sono state ricavate in entrambi i cantieri, suddividendo ulteriormente la giornata di lavoro (7÷15) in fasce di tempo di trenta minuti.

8.4 – Risultati e discussioni

8.4.1 – Analisi della frequenza

Accertamento della normalità. L'analisi condotta con i test indicati in tabella (**Tab. 8.1**), ha accertato la distribuzione normale dei dati raccolti e ciò consente l'adattamento al modello lineare per la conduzione dell'ANOVA.

Tab. 8.1 – Analisi della normalità

NORMALITY (a = 5%)				
Test	Value	Vkrit	p-value	Normal
Kolmogorov-Smirnov (D)	0,07699	0,10437	p > ,15	Yes
Cramér-von Mises (W2)	0,05546	0,12513	p > ,15	Yes
Anderson-Darling (A2)	0,36470	0,74900	p > ,15	Yes
Kuiper (V)	0,12350	0,17250	p > ,15	Yes
Watson (U2)	0,04911	0,11520	p > ,15	Yes
Lilliefors (D)	0,06310	0,10442	p > ,15	Yes
Shapiro-Wilk (W)	0,98099	0,34772		Yes

La distribuzione dei dati della frequenza media dei tagli (*Fig. 8.1*) è risultata di 23,40 tagli/min (σ = 4,76).

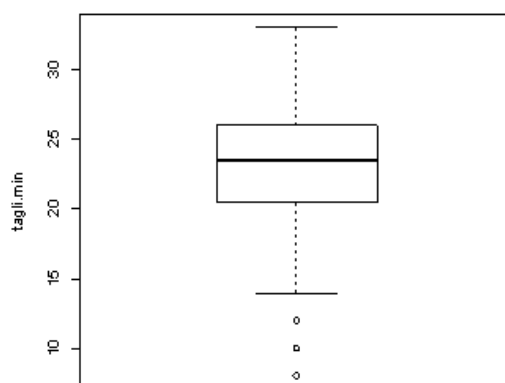



Fig. 8.1 - La distribuzione dei dati della frequenza media

Analisi dell'ANOVA. L'obiettivo dell'analisi è quello di stabilire la significatività dell'influenza sulla frequenza di taglio (variabile dipendente) da parte delle variabili indipendenti (strumento impiegato per potare, vitigno, orario di lavoro). Dall'analisi emerge che i fattori osservati hanno tutti elevata significatività statistica. La ripetizione (*Fig. 8.2*) non ha significatività dunque l'esperimento mostra elevata ripetibilità. Le frequenze medie riferite agli strumenti (*Fig. 8.3*) sono state di 22,57 tagli/min (σ = 4,88) per la forbice e 25,88 tagli/min (σ = 3,43) per la cesoia. Le frequenze medie riferite ai vitigni (*Fig. 8.4*) sono state di 24,58 tagli/min (σ = 4,88) per il *Nero d'Avola*, 20,00 tagli/min (σ = 6,20) per il *Merlot* e 24,50 tagli/min (σ = 3,47) per il *Nerello mascalese*. Le frequenze medie riferite alle fasce orarie (*Fig. 8.5*) sono state di 24,06 tagli/min (σ = 5,51) per la fascia oraria 7÷9, 21,53 tagli/min (σ = 4,02) per la fascia oraria 9÷11 e 25,87 tagli/min (σ = 3,58) per la fascia oraria 12÷15.

Esecuzione dei test di confronto multiplo per evidenziare le differenze tra le medie. Dal *Tukey test* sul campione di dati provenienti dal taglio eseguito con la cesoia, condotto con disegno sperimentale con esperimento fattoriale, si evince che le cultivar *Nero d'Avola* e *Nerello mascalese* provocano un risultato simile, mentre la frequenza relativa alla cultivar *Merlot* appare significativamente inferiore (*Fig. 8.6*). Per quanto riguarda l'orario di lavoro, le fasce orarie 7÷9 - 9÷11 incidono sul risultato in una maniera pressoché simile, mentre la terza fascia oraria, incide diversamente (*Fig. 8.7*).

Esecuzione del test di Tukey sul campione di dati con esperimento completamente randomizzato. Dal Tukey test sul campione di dati provenienti dai due strumenti a confronto, condotto con disegno sperimentale con esperimento completamente randomizzato, si evince che i casi analizzati (in totale 12) hanno dato valori tra di loro simili, ma che tre casi sono sensibilmente inferiori dagli altri. Questi ultimi sono tutti relativi all'uso della forbice nella seconda fascia oraria (9÷11) e ciò si è manifestato in tutte e tre le cultivar.

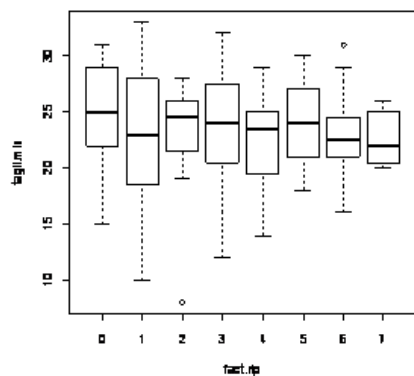



Fig. 8.2 – Frequenze medie riferite alle ripetizioni

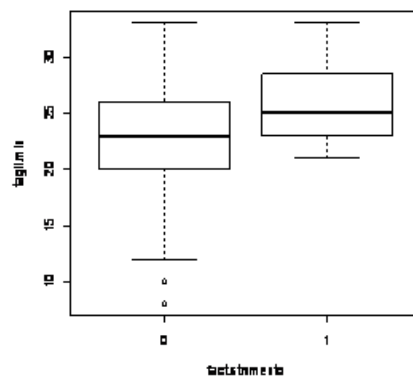



Fig. 8.3 – Frequenze medie riferite agli strumenti

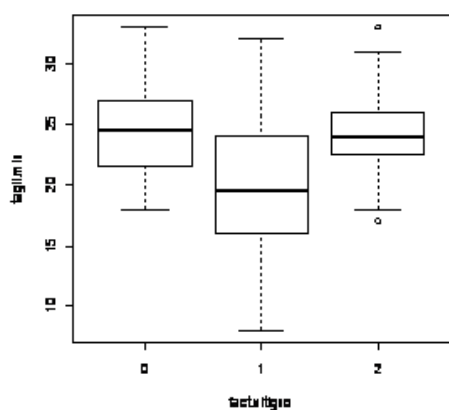



Fig. 8.4 – Frequenze medie riferite ai vitigni

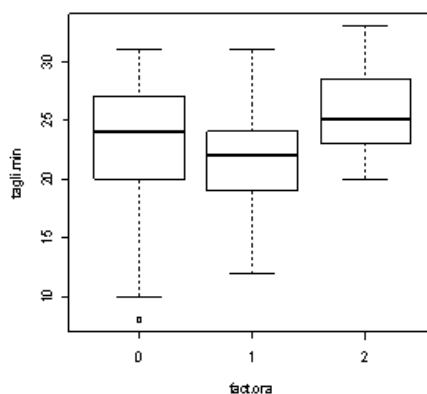



Fig. 8.5 – Frequenze medie riferite alle fasce orarie

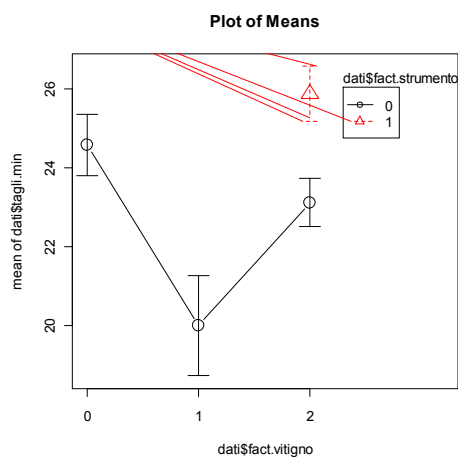



Fig. 8.6 – Incidenza dei vitigni sulla frequenza

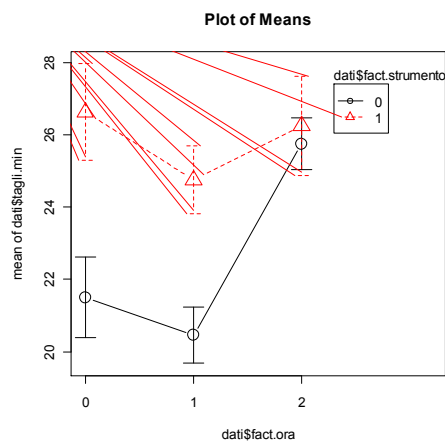



Fig. 8.7- Incidenza delle fasce orarie sulla frequenza

8.4.2 – Gli indici OCRA

Di seguito (**Tab. 8.2**)i dati "organizzativi" necessari per il calcolo dell'indice di esposizione.

Tab. 8.2 – Dati "organizzativi"

Potatura vigneto	**Cantiere "forbice"**	**Cantiere "seghetto"**
Durata del turno (min)	420	420
Frequenza di taglio (n. tagli/min)	22	24
Durata compito ripetitivo (min)	420	420
Numero di azioni per taglio	2	2
Frequenza di azione (az./min)*	44	48
Totale azioni nel compito (ATA)	18795	20120

* n. tagli/min × n. azioni/taglio

Dopo aver esaminato la postazione di lavoro e aver scelto i fattori (forza, postura, complementari, riposo) in relazione al tipo di lavoro, sono stati calcolati gli *indici OCRA* (**Tab. 8.3**).

Tab. 8.3 – Calcolo Indici Ocra

Potatura	**Cantiere "forbice"**	**Cantiere "cesoia"**
ATA (totale azioni nel compito)	18795	20120
CF (costante di frequenza)	30	30
Fo (fattore forza)	0,65	0,65
Po (fattore postura)	0,60	0,60
Ad (fattori complementari)	1	1
Re (fattore stereotipia)	0,85	0,85
Rc (fattore recupero)	1	1
Du (Durata compito ripetitivo - min)	420	420
RTA (azioni raccomandate)	4595	4595
***Ocra Index* [ATA/RTA]**	**4,1**	**4,5**

Nel cantiere "forbice", l'indice giornaliero di esposizione è di 4,1. Nel cantiere "cesoia", l'indice giornaliero di esposizione è di 4,5. In entrambi i casi l'indice è relegabile nella fascia di rischio rosso leggero, nella quale vi è un rischio lieve di esposizione.

8.4.3 – Indice di produttività

Per ambedue i due cantieri sono stati calcolati gli indici di produttività (**Tab. 8.4** e **8.5**), derivati dal rapporto fra la produttività oraria e quella media giornaliera (*CNR, AA.VV.,1981*) Dai valori ottenuti sono state ricavate le curve che rappresentano la produttività del lavoro in ambedue i cantieri (*Fig. 8.8 e 8.9*).

Tab. 8.4 – Produttività del lavoro potatura cantiere "forbice"

		Produttività	**Produttività media**	**Indice di Produttività**	**Differenza**	***Ocra Index***
Fascia oraria		tagli/(h*op.)	tagli/(h*op.)	%	%	
7.00	7.30	1185	1342	88,27	-11,73	3,6
7.30	8.00	1440		107,26	7,26	4,4
8.00	8.30	1635		121,79	21,79	5,0
8.30	9.00	1605		119,55	19,55	4,9
9.00	9.30	1485		110,61	10,61	4,5
9.30	10.00	1410		105,03	5,03	4,3
10.00	10.30	1200		89,39	-10,61	3,7
10.30	11.00	735		54,75	-45,25	2,2
11-12		Pausa				
12.00	12.30	1020	1342	75,98	-24,02	3,1
12.30	13.00	1365		101,68	1,68	4,2
13.00	13.30	1560		116,20	16,20	4,8
13.30	14.00	1500		111,73	11,73	4,6
14.00	14.30	1350		100,56	0,56	4,1
14.30	15.00	1305		97,21	-2,79	4,0

Tab. 8.5 – Produttività del lavoro potatura cantiere "cesoia"

		Produttività	**Produttività media**	**Indice di Produttività**	**Differenza**	***Ocra Index***
Fascia oraria		tagli/(h*op.)	tagli/(h*op.)	%	%	
7.00	7.30	1290	1461	88,27	-11,73	3,9
7.30	8.00	1350		92,38	-7,62	4,1
8.00	8.30	1560		106,74	6,74	4,8
8.30	9.00	1530		104,69	4,69	4,7
9.00	9.30	1620		110,85	10,85	4,9
9.30	10.00	1440		98,53	-1,47	4,4
10.00	10.30	1470		100,59	0,59	4,5
10.30	11.00	1410		96,48	-3,52	4,3
11-12		Pausa				
12.00	12.30	1110	1461	75,95	-24,05	3,4
12.30	13.00	1380		94,43	-5,57	4,2
13.00	13.30	1710		117,01	17,01	5,2
13.30	14.00	1440		98,53	-1,47	4,4
14.00	14.30	1560		106,74	6,74	4,8
14.30	15.00	1590		108,80	8,80	4,8

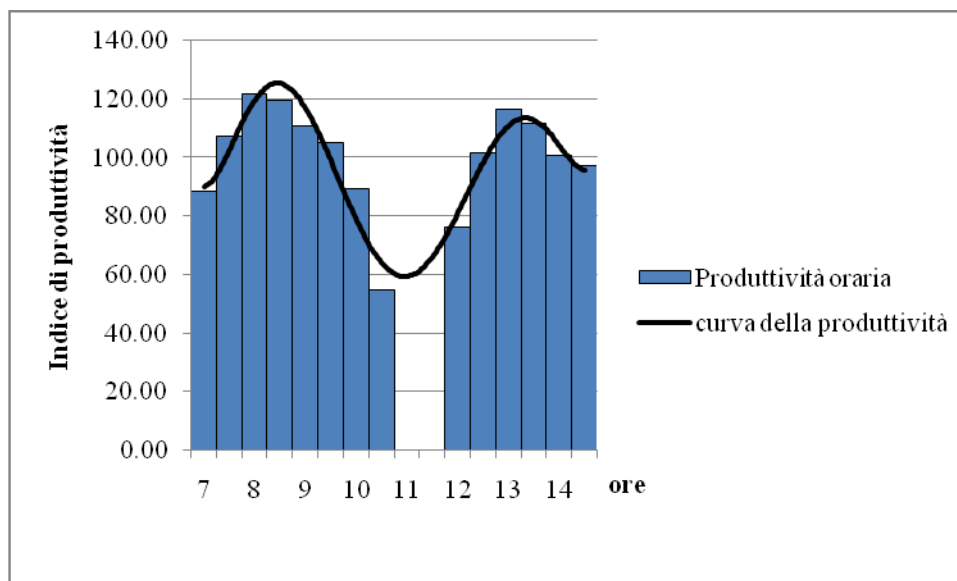



Fig. 8.8 – Cantiere "forbice" – Curva della produttività del lavoro

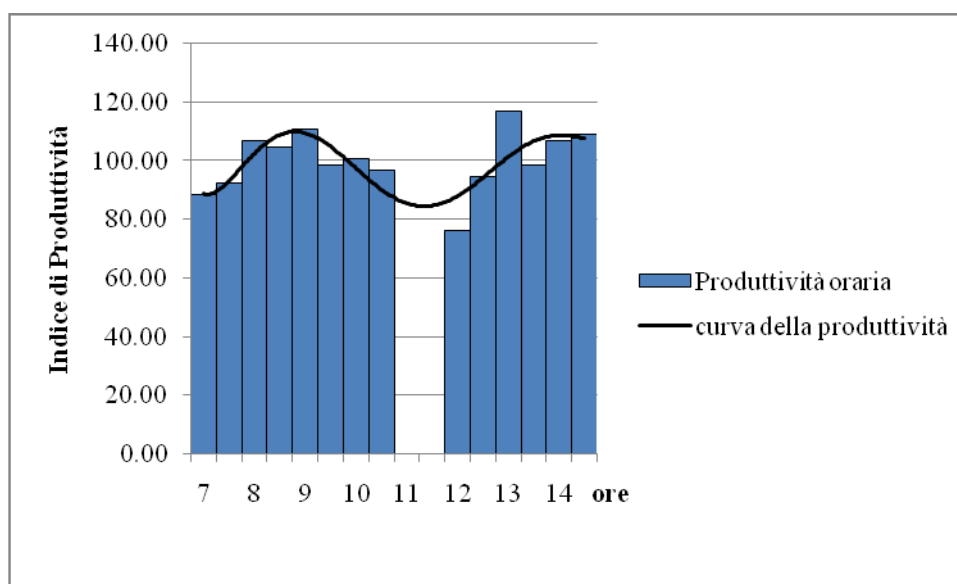



Fig. 8.9 – Cantiere "cesoia" – Curva della produttività del lavoro

Esaminando i due cantieri di potatura, si nota come la produttività media sia più elevata nel cantiere di potatura "cesoia", con in media 119 tagli in più l'ora (circa 2 al minuto). Nel cantiere "forbice" la maggiore produttività si raggiunge nella fascia oraria 8-9 e la curva presenta due picchi in corrispondenza delle fasce orarie 8-9 e 13-14. La minore produttività si ha fra le 10-11 dopo tre ore di lavoro e subito prima della pausa mensa. Infatti, fra le ore 10.30 e le 11 si registra un abbassamento della produttività del 45,25 %. Nel cantiere "cesoia" la maggiore produttività si raggiunge

nella fascia oraria 13-14 e la curva presenta due picchi in corrispondenza delle fasce orarie 9-10 e 14-15. La minore produttività si ha fra le 12-13 subito dopo la pausa mensa. Infatti, fra le ore 12 e le 12.30 si registra un abbassamento della produttività del 24,05 %.

Nei grafici successivi si confrontano gli *Indici Ocra* calcolati usando le frequenze medie per fascia temporali rispetto a quello calcolato usando la frequenza media giornaliera (*Figg. 8.10 e 8.11*).

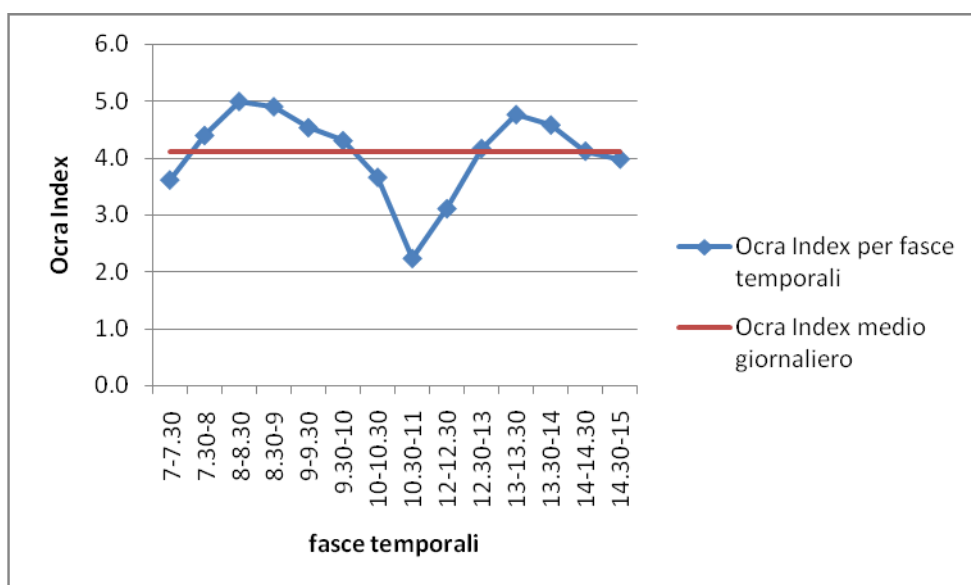



Fig. 8.10 – Cantiere "forbice" – Andamento e confronto fra Indici

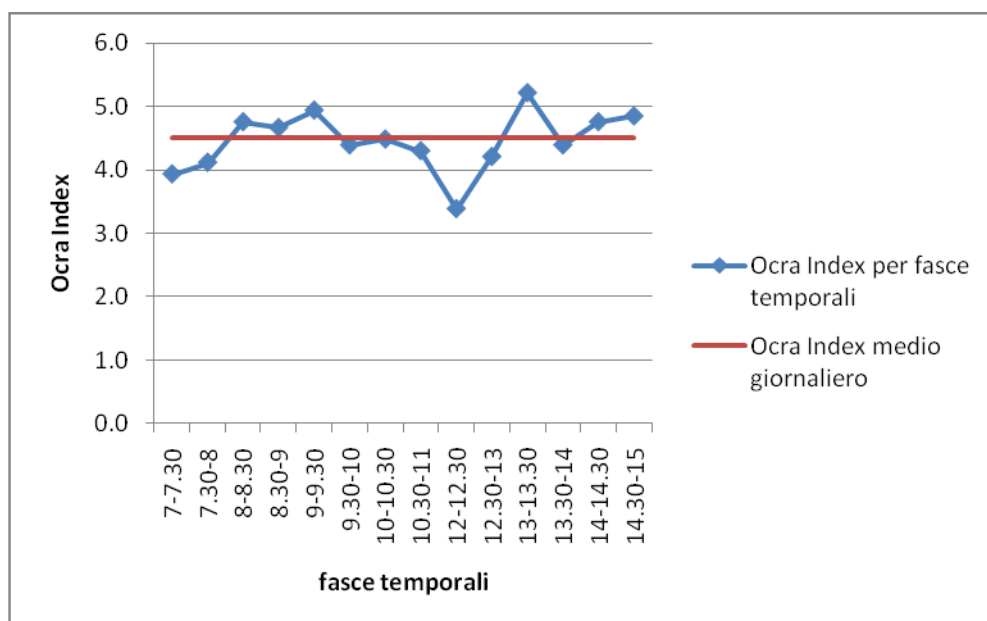



Fig. 8.11 - Cantiere "cesoia" – Andamento e confronto fra Indici

Nel cantiere “forbice” il rilevamento della frequenza distinto per fasce temporali della durata di mezzora ciascuna consente di mettere in luce che per il 57% del tempo di lavoro giornaliero il rispettivo *indice OCRA* si mantiene superiore a quello calcolato facendo ricorso alla frequenza media giornaliera (4,1). Inoltre, non appare trascurabile che per un lasso di tempo di poco inferiore al 30% della giornata lavorativa l’indice si collochi nella fascia di rischio superiore (rischio medio, da 4,6 a 5,0). Invece, per circa il 15% del tempo di lavoro, a ridosso della pausa pranzo, la riduzione dell’indice permette un passaggio alla fascia di rischio inferiore (rischio lieve o borderline, da 2,2 a 3,7).

Nel cantiere “cesoia”, per il 43% della giornata lavorativa giornaliero l’*indice OCRA* calcolato per fasce temporali si mantiene superiore all’indice medio giornaliero (4,5). Per tutto questo periodo si passa alla fascia di rischio superiore, essendo l’indice medio giornaliero al limite fra l’esposizione minima e l’esposizione media. Per circa il 7% del tempo di lavoro, nella mezz’ora dopo la pausa pranzo, la riduzione dell’indice permette un passaggio alla fascia di rischio inferiore (rischio lieve o borderline).

8.5 – Conclusioni

Così come per la forza, si è voluto verificare l’incidenza della frequenza nel calcolo del rischio di esposizione a movimenti ripetitivi mediante l’*OCRA Index*.

L’analisi statistica preliminare ha messo in evidenza come i dati sulla frequenza abbiano una distribuzione normale. L’analisi dell’ANOVA ha mostrato l’elevata significatività dell’influenza delle variabili indipendenti (strumento impiegato, vitigno, orario di lavoro) sulla frequenza di taglio. L’assenza di significatività tra le ripetizioni ha evidenziato la bontà dell’esecuzione delle prove mostrandole altamente ripetibili.

I rilievi in campo hanno permesso di verificare la produttività e di accertare una variazione della frequenza di lavoro nel corso della giornata lavorativa confermando l’esistenza di una curva con andamento ondulatorio, simile a quella osservata da altri autori nel corso di indagini sul lavoro di raccolta degli agrumi (*CNR, AA.VV.,1981*). La curva potrà essere utilizzata per meglio individuare le pause volte a diminuire l’affaticamento e ridurre l’indice *OCRA*.

Le frequenze medie orarie di taglio sono state successivamente utilizzate per calcolare indici rappresentativi per fasce temporali. Questi ultimi sono stati confrontati con l'indice di esposizione calcolato con la frequenza media giornaliera. Dal confronto degli *indici Ocra* si evince che la minore esposizione al rischio di sovraccarico biomeccanico degli arti superiori si ha nelle fasce orarie comprese fra le ore 10 e le ore 12. Ciò è più evidente nella potatura effettuata con la forbice tradizionale.

Per il lavoro preso in considerazione, l'andamento degli indici calcolati per fasce orarie consente di evidenziare come la frequenza, segnalatore cardine dei lavori ripetitivi, influenzi in maniera predominante il valore finale dell'indice di esposizione generando altalenanti livelli di rischio muscolo - scheletrico**,** del tutto simili all'andamento della curva della produttività, che possono portare ad una sottostima o sovrastima dello stesso anche parecchio consistente. Tale fenomeno dovrà essere preso in considerazione nell'effettuare indagini in campo agricolo, dove i ritmi di lavoro possono variare consistentemente durante la giornata.

In un prosieguo, avendo a disposizione per lavori che prevedono azioni ripetitive la curva della produttività giornaliera ed avendo dimostrato che esiste una forte similitudine tra questa e l'andamento degli indici di rischio calcolati per fasce orarie, il rilevamento della frequenza di lavoro effettuata in un qualsiasi momento della giornata consentirà di calcolare il rischio muscolo - scheletrico medio giornaliero e quello per fasce orarie, valutazioni utili specialmente nelle fasce orarie di maggiore attività caratterizzate da una più intensa frequenza di gesti ripetitivi.

CAPITOLO IX

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

L'intento delle attività svolte è stato quello di verificare la sussistenza e la consistenza dei rischi connessi al sovraccarico biomeccanico degli arti superiori in taluni comparti dell'agricoltura mediterranea, nonché di approfondire alcuni aspetti del calcolo dell'*indice Ocra,* con particolare riguardo alle attività agricole. La valutazione del rischio dovuta a movimenti ripetitivi è stata eseguita mediante ricorso al metodo *OCRA*, metodo riconosciuto dalla letteratura e da norme internazionali come il più adatto e completo nella valutazione di tali rischi. Occorre sottolineare che, essendo stato concepito inizialmente per ambienti fortemente strutturati e pertanto ben diversi da quelli agricoli, il metodo presenta complessità ai fini della sua applicazione che hanno indotto ad approfondire ed indagare alcuni aspetti connessi alla metodologia tramite sperimentazioni che hanno riguardato i due principali segnalatori di rischio, la forza e la frequenza.

L'attività sperimentale ha preso le mosse da ricognizioni sulla composizione e sicurezza del parco macchine impiegato in colture di interesse generale e, inoltre fondamentale nell'economia del sud - est siciliano (*capitolo IV)*. Le indagini ed i rilevamenti effettuati hanno consentito da una parte di controllare il livello di sicurezza in aziende destinate a colture orticole e viticole, dove esistono ampi margini di miglioramento sui quali si può e si deve intervenire, dall'altra di verificare l'organizzazione del lavoro delle aziende. Quest'ultima fase ha permesso di evidenziare la necessità di avviare indagini che prendessero in considerazione il "fattore umano", le malattie correlate al lavoro ed approfondire gli aspetti del rischio muscolo - scheletrico connessi al lavoro in agricoltura. Con questi fini è stato tracciato un percorso sperimentale che ha riguardato:

1. prove preliminari di valutazione del rischio da esposizione a movimenti ripetitivi degli arti superiori in alcune operazioni ricorrenti in serra (scacchiatura e legatura del pomodoro) e nella potatura manuale del vigneto;

2. prove di valutazione del parametro "forza" nel calcolo del rischio biomeccanico degli arti superiori nella potatura manuale del vigneto;
3. prove di valutazione della frequenza di lavoro nel rischio di sovraccarico biomeccanico degli arti superiore nella potatura manuale del vigneto.

Durante la prima sessione della sperimentazione, sono stati effettuati rilevamenti in serra con l'obiettivo di verificare i rischi muscolo - scheletrici connessi alla esecuzione della potatura verde (legatura e scacchiatura). Le prove hanno messo in risalto la notevole influenza della frequenza di lavoro sul valore dell'*OCRA Index*, rispetto agli altri fattori *(capitolo V).* Contestualmente, sono stati effettuati studi sul rischio muscolo - scheletrico connesso alle operazioni di potatura secca della vite che hanno confermato l'elevata incidenza del fattore "frequenza" sugli altri fattori e, inoltre, indotto riflessioni critiche sull'impiego della *scala di Borg*, una scala soggettiva, impiegata per la valutazione della forza percepita dagli operatori durante i tagli *(capitolo VI)*.

Una volta accertata la presenza di "forza" nelle operazioni di potatura, la seconda parte del lavoro ha riguardato l'approfondimento di tale parametro nel calcolo del rischio relativo alla potatura manuale del vigneto, con lo scopo di renderlo "oggettivo" mediante misure strumentali (*capitolo VII*). Per raggiungere l'obiettivo sono state eseguite prove di laboratorio con una cesoia sensorizzata, messa a punto in collaborazione con il CRA-ING di Treviglio, capace di rilevare la forza esercitata dalle varie parti della mano durante tagli in laboratorio sui tralci di vite. Contestualmente, un panel di operatori è stato intervistato per verificare la corrispondenza del sistema di misurazione applicato alla cesoia con le sensazioni soggettive dello sforzo. Lo strumento sensorizzato è stato in grado di riprodurre misure coerenti in funzione delle variabili prese in considerazione dal piano sperimentale e le interviste hanno consentito di validare lo strumento, cioè di correlare efficacemente i valori ottenuti con le sensazione degli operatori corrispondenti alle operazioni di taglio. I valori medi della forza ricavati delle prove di taglio, sia quelli relativi all'intera mano, sia quelli della regione della mano più sollecitata, sono stati convertiti nei punteggi della *scala di Borg* mediante la procedura suggerita dalla norma EN 1005-3 e dallo stesso metodo *OCRA;* essi sono stati poi impiegati per effettuare simulazioni di calcolo dell'esposizione al rischio.

In termini di rischio, l'esposizione calcolata con i valori medi riferiti all'intera mano è risultata più bassa del 18,4% rispetto all'esposizione calcolata con i valori dello sforzo espressi dagli operatori con la *scala di Borg*. Invece, il rischio muscolo - scheletrico calcolato con i valori della forza medi riferiti alla regione della mano più sollecitata è risultato del 42% maggiore rispetto al rischio calcolato con i valori medi riferiti all'intera mano, con un picco del 125% per la cultivar *Nerello cappuccio*. Appare pertanto confermato che durante le operazioni di taglio eseguite con forbici di comune uso talune regioni della mano possono risultare particolarmente sollecitate e che la metodologia e la strumentazione utilizzate sono state in grado di evidenziare tale fenomeno. Indagini quanto più dettagliate e screening sui rischi muscolo - scheletrici correlati al lavoro dovranno essere condotte nei riguardi della categoria dei potatori e, più in generale, di tutti coloro che svolgono mansioni similari, anche quando i valori medi riferiti all'intera mano non fossero particolarmente allarmanti.

La terza serie di sperimentazioni (*Cap. VIII*) ha dimostrato l'incidenza della frequenza nel calcolo del rischio di esposizione a movimenti ripetitivi calcolato tramite l'*OCRA Index*. L'andamento degli *indici* calcolati per fascia oraria, del tutto simile all'andamento ondulatorio della curva della produttività del lavoro preso in considerazione, non potrà rimanere ignorato nel momento in cui si eseguono indagini nel comparto agricolo. Infatti, le indagini effettuate hanno mostrato la necessità di affrontare, in agricoltura, un adeguato studio dell'organizzazione del lavoro, che permetta di individuare le curve dell'andamento della frequenza, pena gravi errori nella stima dei rischi da sovraccarico biomeccanico.

Per concludere, si può affermare che creare un ambiente di lavoro quanto meno possibile fonte di rischi per la salute dell'operatore rimane, specie nell'ambiente agricolo, un risultato complesso da raffigurare. Così come ricordato in altre occasioni, una buona organizzazione del processo di lavoro, una accurata distribuzione dei periodi di recupero, una adeguata formazione degli addetti, l'impiego di attrezzi vagliati dal punto di vista ergonomico, sono tutti fattori che permetterebbero di ridurre il rischio di esposizione e di conseguenza il numero di casi diagnosticati o peggio ignorati di patologie agli arti superiori.

Infine, gli studi presentati pongono le basi per una valutazione delle macchine e delle postazioni di lavoro in agricoltura che non si limiti agli aspetti della

produttività degli addetti e a quelli economici, ma prenda in considerazione anche gli aspetti concernenti il benessere, la salute e la sicurezza degli operatori.

Assume dunque particolare significato lo sviluppo di figure professionali in grado di valutare non solo la configurazione delle macchine ai fini della sicurezza e di accertarne gli impieghi in campo, ma anche di valutare complessivamente le postazioni di lavoro, di progettare e condurre corsi di formazione che prendano in considerazione anche quanto avviene in campo durante il lavoro di tutti i giorni.

Le ricerche condotte intendono sottolineare le necessità di integrare diverse competenze, necessitando un approccio multidisciplinare fra medicina occupazionale ed esperti della meccanizzazione agricola e dell’organizzazione del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

1) AA. VV. (2011). *Infortuni e malattie professionali*. Progetto più formati più sicuri. INAIL.

2) AA.VV. (2009). *Linee guida regionali per la prevenzione delle patologie muscolo - scheletriche connesse con movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.* ALLEGATO “1” al decreto n. 3958 del 22 aprile 2009, Regione Lombardia.

3) AA. VV. (2008). *Metodi per la valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori*. Piano triennale per la promozione della salute e della sicurezza negli ambienti di lavoro 2005-2007. Centro Regionale di Riferimento per l’Ergonomia Occupazionale (CRREO) e Azienda ULSS17 Regione del Veneto.

4) AA.VV. (2008). *Linee guida per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a rischio da movimenti ripetuti degli arti superiori*. Regione del Veneto, Azienda ULSS17.

5) AA. VV. (2007). *I disturbi muscolo scheletrici lavorativi. La causa, l’insorgenza, la prevenzione,la tutela assicurativa.* Volume a cura dell’Istituto Italiano di Medicina Sociale. IIMS Editore, Roma.

6) AA.VV. (2003). *Traumi da sforzi ripetuti in edilizia.* Edizioni: INAIL Marzo 2003.

7) AA.VV. (2002). *L’Ergonomia nella normativa*. Atti della giornata di studio a cura di F. Costa e F. Tosi, Milano, 27 giugno.

8) AA.VV. (1981). *Meccanizzazione della potatura e della raccolta degli agrumi*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Accademia nazionale di Agricoltura. Bologna

9) ACGIH. (2006). *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices*. Cincinnati, OH: The Institute.

10) Allamprese P., Attimonelli R., Gigante M., Soleo L. (2005). *Patologie muscolo scheletriche di origine professionale: esperienze INAIL della regione Puglia 1998-2001.* G Ital Med Lav Erg 2005; 27, 2, p. 176-179.

11) Apostoli P., Bovenzi M., Occhipinti E., Romano C., Violante F., Cortesi I., Baracco A., Draicchio E., Mattioli S. (2006). *Linee Guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie muscolo scheletriche dell’arto superiore correlati con il lavoro (UE WMSDs).* Prima revisione – Fascicolo allegato a GIMLE 2006.

12) Apostoli P., Bovenzi M., Occhipinti E., Romano C., Violante F., Cortesi I., Baracco A., Draicchio E., Mattioli S. (2004). *Linee Guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie muscolo scheletriche dell’arto superiore correlati con il lavoro (UE WMSDs).* PIME ed Pavia.

13) Apostoli P., Sala E., Gullino A., Romano C. (2004). *Analisi comparata dell’applicazione di quattro metodi per la valutazione del rischio biomeccanico per l’arto superiore*. G Ital Med Lav Erg 2004; 26:3, p. 223-241.

14) Armostrong T., Buckle P., Fine L. (1993). *A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders*. Scand J Work Environ Health 1993, 19, p. 73-84.

15) Armstrong T., Ebersole M., Franzblau A., Ulin S., Werner R. (2006). *The ACGIH TLV: A Review of Some Recent Studies.* Proceedings of the XVI IEA Conference, Maastricht.

16) Bacarella A., Forte A. (2004). *Analisi strutturale e congiunturale della filiera vitivinicola siciliana*. Phytomagazine.com, n. 28.

17) Bagnato E. (2008). *La valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori in un prosciuttificio*. Seminario EPM, giugno 2008.

18) Balloni S., Bonsignore R., Camillieri D., Caruso L., Conti A., Schillaci G. (2008). *A Survey of Safety Aspects Concerning Horticultural Farm Machineries*. International Conference Ragusa SHWA2008 "Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems". Ragusa, Italy, 15-17 settembre, p. 1-6.

19) Balloni S., Bonsignore R., Caruso L., Schillaci G. (2008). *Meccanizzazione moderna ed innovativa della viticoltura etnea*. Atti del 2° Convegno Nazionale di Viticoltura, Marsala, Italia, 14-19 luglio.

20) Balloni S., Bonsignore R., Caruso L., Schillaci G. (2008). *Mechanisation of Mount Etna in vineyards*. Atti del CERVIM, II Congresso Internazionale sulla Viticoltura di Montagna e in Forte Pendenza, Monforte de Lemos, Ribeira Sacra. SPAGNA 13-15 marzo.

21) Balloni S., Camillieri D., Caruso L., Conti A., Schillaci G. (2008). *A Study About Pesticide Spreading Work Organisation by Organisational Congruence (O.C.) Method*. International Conference Ragusa SHWA2008 "Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems". Ragusa, Italy, 15-17 settembre.

22) Balloni S., Camillieri D., Caruso L., Schillaci G. (2010). *Safety Aspects Regarding Spraying Pesticides in Protected Environments*. International Conference Ragusa SHWA2010 "Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems". Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 341-348.

23) Balloni, S., Caruso, L., Conti, A., Schillaci, G., Valentino, M., Loreto, C., Fenga, C., Rapisarda, V. (2008). *Use of a Helmet Endowed with Forced Ventilation and Air Filtration Devices in Greenhouse Application of Agrochemical Treatments Using an Innovative Prototype of Self-Propelled Sprayer Vehicle*. Atti del Congresso Internazionale "Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems". 15-17 settembre, Ragusa, Italy.

24) Balloni, S., Caruso, L., Romano, E., Schillaci, G. (2009). *Field Test of an Electrical Autonomous Versatile Platform to modern greenhouses*. Proceedings of the XXXIII CIOSTA - CIGR V Conference "Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-systems, forestry and safety".

25) Balloni, S., Caruso, L., Schillaci, G. (2006). *Mechanisation of high quality vineyards in Mount Etna Park hillside*. I Congresso Internazionale sulla Viticoltura di Montagna e in Forte Pendenza, St-Vincent, Valle d'Aosta, 17-18 marzo.

26) Balzani B., Pieroni L., Calabrese M., Marini F., Elezi L., Triccoli M., Comai M. (2007). *Indagine sul rischio da movimenti ripetitivi degli arti superiori negli addetti di una azienda del comparto tessile*. Atti del 25° Congresso Nazionale AIDII.

27) Barnes RM. (1980). *Motion and Time study. Design and Measurement of Work*. Wiley and Sons, New York.

28) Belviso B., Renzetti F., Trimarchi L. (2004). *Patologie dell'arto superiore da movimenti e sforzi ripetitivi in addetti di una azienda manifatturiera.* Atti del 3° Seminario dei professionisti CONTARP.

29) Bohannon RW, Endemann N. (1989). *How accurately can elbow flexion force be estimated?* Percept Mot Skills; 68, p. 1159–1162.

30) Bonsignore R., Camillieri D., Rapisarda V., Schillaci G. (2010). *The effect of task frequency on risk of biomechanical overloading of the upper limbs in manual pruning in vineyards*. International Conference Ragusa SHWA2010 "Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems". Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 192-201.

31) Borg G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics.

32) Calvo A. (2008) *Musculoskeletal disorders (MSD) risks in forestry: a case study to propose an analysis method.* International Conference "Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems", September 15-17, Ragusa, Italy.

33) Camillieri D. , Bonsignore R., Caruso L., Schillaci G. (2010). *Evaluation of the risk arising from repetitive movements during manual pruning in vineyards by using measured forces*. International Conference Ragusa SHWA2010 "Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems". Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 374-380.

34) Camillieri D., Failla S., Restuccia A., Schillaci G. (2011). *First Results of Ergonomics Studies of Donkey Machine Milking*. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.

35) Camillieri D., Failla S., Restuccia A., Schillaci G. (2011). *Il rischio muscolo-scheletrico nella mungitura delle asine.* Convegno di Medio Termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Belgirate, 22-24 settembre.

36) Camillieri D., Rapisarda V., Balloni S., Schillaci G. (2010). *The Effect of Task Frequency on the Risk of Biomechanical Overloading of the Upper Limb During Tomato Binding*. International Conference Ragusa SHWA2010 "Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems". Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 381-388.

37) Camillieri D., Romano E., Bonsignore R., Rapisarda V., Schillaci G. (2011). *Hand Forces Measured During Vine Shoot Cutting*. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.

38) Capodaglio E., Facioli M., Bazzini G. (2001). *La valutazione del rischio connesso ad attività lavorative ripetitive: sperimentazione di diversi metodi proposti dalla letteratura*. G Ital Med Lav Erg 2001; 23:4, p. 467-476.

39) Carella A., Caselli U., Papa G. (2007). *Produzione di fondi in poliuretano per calzature: rischio da movimenti ripetuti agli arti superiori*. INAIL - Direzione Regionale Marche – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione. Atti del 5° Seminario della CONTARP.

40) Carrara M., Comparetti A., Orlando S., Piratino S. 2004. *Le condizioni dei dispositivi di sicurezza delle macchine operatrici in alcune aziende agricole siciliane*. Rivista di Ingegneria Agraria, n. 3, p. 79-84.

41) Caso M., Ravaioli M., Veneri L. (2007). *Esposizione a sovraccarico biomeccanico degli arti superiori: la valutazione del rischio lavorativo nei macelli avicoli.* Prevenzioni Oggi, Vol. 3, n. 4, p. 9-21.

42) Cecchini M., Bedini R., Colantoni A., Menghini G., Monarca D. (2011). *Repetitive movements of upper limbs and risk of musculoskeletal disorders for workers during the cheese production in an Italian agro-food factory*. Irish Meeting on Agriculture Occupational Safety and Health. Dublino (Irlanda), 22-24 agosto 2011.

43) Cecchini M., Colantoni A., Massantini R., Monarca D. (2010). *The risk of musculoskeletal disorders for workers due to repetitive movements during tomato harvesting*. Journal of Agricultural Safety and Health. 16(2), p. 87-98.

44) Cecchini M., Massantini R., Monarca D. (2010). *The ergonomics analysis tools for the assessment of the risk of musculoskeletal disorders due to the repetitive movements of the upper limbs of the workers employed in agriculture*. In: Towards environmental technologies. Clermont-Ferrand (FRANCE), 6-8 september 2010.

45) Cestari E. (2008). *Metodi per la valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori.* Centro Regionale di Riferimento per l'Ergonomia Occupazionale (CRREO) e Azienda ULSS17 Regione del Veneto.

46) Clerici P., Gallanelli R., Magnante D., Mattarelli M., Sarto D., Zecchi C. (2002). *Applicazione del metodo OCRA Index nella valutazione del rischio da movimenti ripetuti in aziende del comparto ceramico: il caso del comprensorio del ponente ligure.* Rivista degli infortuni e delle malattie professionali, parte I, p. 543-559.

47) Colantoni A., Monarca D., Cecchini M., Bedini R., Marucci A., Pagniello B. (2011). *The risk of musculoskeletal disorders for workers due to repetitive movements of upper limbs during the vegetable graft in greenhouses*. International Symposium on Vegetable Grafting. 3-5 Oct. 2011, Viterbo – Italy.

48) Colombini D., Carissimi E. (2009). *Risultati di studi organizzativi ed espositivi nei supermercati: esempio di turnazione su compiti multipli a ciclo settimanale.* Seminario EPM Milano, giugno 2008.

49) Colombini D., Occhipinti E. (2011). *Sviluppo di strumenti valutativi semplici per la individuazione delle sorgenti di rischio lavorativo e la prevenzione dei disturbi*

muscolo scheletrici: esperienze di applicazione nel lavoro artigianale e nella piccolo impresa. Med Lav 2011; 102, 1.

50) Colombini D., Occhipinti E. (2008). *I modelli di calcolo del metodo OCRA nell'analisi del rischio espositivo a più compiti a rotazione settimanale, mensile, annuale*. Seminario EPM, giugno 2008.

51) Colombini D., Occhipinti E. (2006). *Preventing upper limb work-related muskoloskeletal disorders (UL-WMSDS): new approaches in job (re)design and current trends in standardization*. Appl Ergon., 37, p. 441-450.

52) Colombini, D., Occhipinti, E. (2004). *Risultati della valutazione del rischio e del danno in gruppo di lavoratori esposti, in diversi comparti lavorativi, a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori.* Medicina e Lavoro 2004, 95(3), p. 233-246.

53) Colombini D., Occhipinti E. (2001). *Metodi per la valutazione e la gestione dei rischi di WMSDs e per la progettazione ergonomica del lavoro e dei posti di lavoro*. VII Congresso Nazionale della Società Italiana di ergonomia; 26/28 settembre. Firenze, p. 521-526.

54) Colombini D., Occhipinti E., Battevi N., Cerbai M., Fanti M., Menoni O., Placci M., (2010). *Movimentazione manuale dei carichi – Manuale operativo per l'applicazione del D. Lgs. 81/08*. Dossier Ambiente n. 89, anno XXIII, I trimestre 2010.

55) Colombini D., Occhipinti E., Cerbai M., Battevi N., Placci M. (2011). *Aggiornamento di procedure e di criteri di applicazione della Checklist OCRA*. Med Lav 2011; 102, 1.

56) Colombini D., Occhipinti E., Di Leone G. (2011). *La pre-mappatura dei disagi e dei pericoli professionali e la valutazione e la gestione del rischio da sovraccarico biomeccanico: presentazione di una strumento di analisi semplice e informatizzato (toolkit) e delle sue modalità di utilizzo*. Med Lav 2011; 102, 1.

57) Colombini D., Occhipinti E., Fanti M. (2005). *Il metodo OCRA per l'analisi e la prevenzione del rischio da movimenti ripetuti*. Collana Salute e lavoro, Franco Angeli Editore.

58) Colombini D., Occhipinti E., Grieco A. (2000). *La valutazione e la gestione del rischio da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori*. Collana Salute e lavoro, Franco Angeli Editore.

59) Corrao C., Talarico G., Varone A. (2007). *Valutazione del rischio da movimenti ripetitivi dell'arto superiore in addetti alla rifinitura di vetri per autoveicoli.* G Ital Med Lav Erg 2007; 29:3, p. 557-558.

60) Dall'Ara C., Tartaglia R., Butti A. (2004). *Analisi ergonomica delle postazioni di lavoro nel comparto delle confezioni e linee-guida per la progettazione di soluzioni ergonomiche.* Azienda Sanitaria di Firenze – Centro Ricerche in Ergonomia.

61) Deboli R., Calvo A., Rapisarda V., Valentino M. (2006). *Rilevamento della pressione applicata dalla mano dell'operatore forestale durante l'utilizzo di macchine vibranti*. Proceedings of the DBA 2006, Modena , 11-13 ottobre.

62) Deboli R., Calvo A., Preti C. (2008). *The use of a capacitive sensor matrix to determine the grip forces applied to the olive hand held harvesters*. Proceedings of the International Conference “Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems, Ragusa 15-17 settembre.

63) Decreto Legislativo del 9 aprile 2008, n. 81, Testo coordinato con il Decreto Legislativo del 3 agosto 2009, n. 106, Testo Unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

64) Decreto Legislativo del 27 gennaio 2010, n. 17, “Attuazione della direttiva 2006/42/CE – Nuova Direttiva Macchine”.

65) Del Grosso S., Ripamonti K., Valentini V., Tomei F. (2005). *Lavori Ripetitivi.* Giornate Romane di Medicina del Lavoro “Antonello Spinazzola” - Sezione Regionale Laziale-Abruzzese della SIMLII - Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro – Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

66) Delmastro R., Galdi M., Marchese M. (2004). *Verifiche della sicurezza delle macchine agricole usate, come effettuarle?* Rivista “M & MA Macchine e Motori Agricoli”, pp. 20/23 - n. 2 – anno LXII.

67) Di Martino V., Corlett N. (1999). *Organizzazione del Lavoro e Ergonomia*. F. Angeli, Milano.

68) Douphrate D., Rosecrance J. (2010). *Industrialization of Dairy Operations: Ergonomic Implications*. International Conference Ragusa SHWA2010 - September 16-18, 2010 Ragusa Ibla Campus- Italy “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”, p. 10-13.

69) Draicchio F., Perugi F. (2005). *Determinanti di rischio e tecniche di valutazione dei movimenti ripetuti dell'arto superiore.* Giornate Romane di Medicina del Lavoro “Antonello Spinazzola” - Sezione Regionale Laziale-Abruzzese della SIMLII - Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro – Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

70) ENAMA. *Schede di sicurezza delle macchine agricole, informazioni e formazione degli operatori, valutazione sintetica dei rischi*.

71) Fransson-Hall C., Kilbom A. (1993). *Sensitivity of the hand to surface pressure*. Appl. Ergon. 24, p. 181-189.

72) Freund J, Toivonen R, Takala EP. (2002). *Grip forces of the fingertips*. Clin Biomech, 17, p. 515–520.

73) Gaggiano G., Perazzi M. (2008). *Ergonomia, sicurezza, qualità. Normazione e certificazione dei prodotti industriali*. Maggioli Editore.

74) Grassoni E. (2004). *La sicurezza sulle macchine. Nella progettazione di nuove macchine e nell'adeguamento alle norme di macchine esistenti*. Terza edizione, Editoriale Delfino.

75) Haapalainen M., Kivisto-Rahnasto, Mattila M. (2000). *Ergonomic design of non-powered hand tools: An application of quality function deployment (QFD).* Occupational Ergonomics 2(3), p. 179-189.

76) Hagberg M. et al. (1995). *Work related muskuloskeletal disorders (WMSDs): a reference book of prevention*. London: Taylor & Francis.

77) INAIL. (2011). *Rapporto Annuale 2010.*

78) INAIL. (2011). *Rapporto Annuale Regionale 2010. Sicilia.*

79) Ivaldi I. (2011). *Progetti di benessere. Ergonomia, partecipazione, consapevolezza*. Collana Sociologia del lavoro. F. Angeli, Milano.

80) Ivaldi I. (1994). *Analisi organizzativa: il contributo dell'ergonomia*. F. Angeli, Milano.

81) Ivaldi I. (1999). *Ergonomia e lavoro*. Liguori, Napoli.

82) Kumar S, Narayan Y, Chouinard K. (1997). *Effort reproduction accuracy in pinching, gripping, and lifting among industrial males*. Int J Ind Ergon, 20, p. 109-119.

83) Liotti F., Palmieri A., Romano L., Perrotta A., Savino E. (2004). *Disturbi muscolo-scheletrici da traumi ripetuti agli arti superiori: sperimentazione di tre metodi di analisi del rischio.* Atti V convegno nazionale Medicina legale previdenziale.

84) Liotti F., Pedata P., Perrotta A. (2004). *Uso di un modello di analisi per la valutazione del rischio di patologie dell'arto superiore connesse ai movimenti ripetitivi*. Atti del 3° Seminario dei professionisti CONTARP.

85) Lundqvist P. (2010). *Research on Ergonomics in Animal Production in Sweden*. International Conference Ragusa SHWA2010 - September 16-18, 2010 Ragusa Ibla Campus- Italy "Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems", p. 37-42

86) Maggiore E. (2011). *La produzione di formaggi a pasta filata. Tecniche semplificate per la prima mappatura dei rischi professionali legati all'ergonomia del settore artigiano lattiero caseario.* Medicina del Lavoro, Vol. 102, n. 1, p. 101-114.

87) Magosso D. (2002). *Progetto sperimentale sull'ergonomia – Report finale*. Piano triennale 1999-2001 di prevenzione e promozione della salute negli ambienti di lavoro – Regione Veneto.

88) Marklin R.W., Lazuardi L., Wilzbacher J. R. (2004). *Measurement of handle forces for crimping connectors and cutting cable in the electric power industry*. International Journal of Industrial Ergonomics 34, p. 497-506.

89) Martin V. (2008). *Le patologie muscolo scheletriche correlate al lavoro: aspetti epidemiologici e normativi*. Regione Veneto. Azienda USLL 18 – Rovigo.

90) Mcatamney L., Corlett N. (1993). *RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. Applied Ergonomics. 24, p. 91-92.

91) McGorry R., Dempsey P.G., Casey J. C. (2004). *The effect of force distribution and magnitude at the hand-tool interface on the accuracy of grip force estimates*. Journal of Occupational Rehabilitation, 14, 4, p. 255-266.

92) Meyers J., Miles J., Tejeda D., Faucettc J., Janowitz I., Weber E., Smith R., Garcia L. (2002). *Priority Risk Factors for Back Injury in Agricultural Field Work Vineyard Ergonomics*. Journal of Agromedicine, Volume 8, Issue 1, p. 39-54.

93) Miller SA, Freivalds A. (1995). *A stress-strength interference model for predicting CTD probabilities*. Int J Ind Ergon; 15, p. 447-457.

94) Monarca D., Cecchini M., Colantoni A. (2011). *Working posture, repetitive movements of upper limbs and risk of musculoskeletal disorders for workers during the cheese production in an Italian agro-food factory*. Vienna (Austria), 29 giugno - 1 luglio 2011.

95) Monarca D., Cecchini M., Colantoni A. (2007). *Il rischio di affezioni muscolo scheletriche per movimenti ripetitivi negli addetti alla cernita durante la raccolta del pomodoro da industria*. Convegno Nazionale AIIA. “Tecnologie innovative nelle filiere: orticola, vi. Pisa e Volterra, 5-7 settembre 2007, vol. 1, p. 88-91.

96) Montomoli L., Colombini D., Fanti M., Ruschioni A., Ardissone S., Sarrini D., Coppola G., Sartorelli P. (2008). *Risultati degli studi e dell’analisi del rischio clinico da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori in viticoltura e olivicoltura.* Seminario EPM, giugno 2008.

97) Montomoli L., Ardissone S., Colombini D., Fanti M., Ruschioni A., Sartorelli P. (2010). *Task Analysis, Risk Assessment and Clinical Evaluation of Work Related Muscoloskeletal Disorders in Viticulture and Olive Culture Farming.* International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”. Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 304-310.

98) Moore J., Garg A. (1995). T*he strain index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders*. Am Ind Hyg Ass J 1995; 56, p. 443-58.

99) National Research Council. (2001). *Musculoskeletal disorders and the workplace: Low back and upper extremities*. Washington, DC: National Academy Press.

100) Nicassio P., Di Famiani M., Sancini A. (2005). *Valutazione del rischio WRMSDs: il metodo HAL (ACGIH), caso reale: limiti del metodo HAL*. Giornate Romane di Medicina del Lavoro “Antonello Spinazzola” - Sezione Regionale Laziale-Abruzzese della SIMLII - Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro - Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

101) Nicolini S., Ruschioni A., Caselli U. (2008). *Linee guida per l’individuazione ed il controllo delle patologie dei lavoratori esposti a rischio da movimenti ripetuti degli arti superiori e da movimentazione manuale dei carichi.* Atti – VI Convegno Nazionale di Medicina Legale Previdenziale.

102) NIOSH, Center for Diseases Control and Prevention. (1997). *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factor. A critical review of Epidemiologic Evidence from*

WMSDs of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. Second printing: U.S. Department of Health and Human Services.

103) Occhipinti E., Colombini D. (2007). *Updating reference values and predictive models of the OCRA method in the risk assessment of work-related muskoloskeletal disorders of the upper limbs*. Ergonomics, 50, p. 1727-1739.

104) Occhipinti E., Colombini D. (2006). *Repetitive actions and movements of the upper limbs*. In Ed. Karwowski W., Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 2006, p. 243-254.

105) Occhipinti E., Colombini D., Molteni G. (2003). *L'esperienza dell'unita' di ricerca EPM (Ergonomia della Postura e del Movimento) per l'analisi del rischio e la prevenzione delle patologie muscolo-scheletriche correlate al lavoro (WMSDs)*. La Medicina del Lavoro, vol. 94, n.1, p. 83-91.

106) Occhipinti E., Colombini D., Occhipinti M. 2008. *Metodo OCRA: messa a punto di una nuova procedura per l'analisi di compiti multipli con rotazioni infrequenti.* Med Lav 2008; 99, p. 234-241.

107) OSHA (1993). *Ergonomics program management guidelines for meatpacking plants*, U.S. Dept. of Labor.

108) OSHA (1998). *L'impatto economico delle condizioni di sicurezza e di salute sul lavoro negli Stati membri dell'Unione Europea*. Relazione dell'Agenzia.

109) OSHA (2000). *Disturbi muscoloscheletrici delle spalle e degli arti superiori legati all'attività lavorativa*. Relazione dell'Agenzia.

110) Päivinen M., Haapalainen M., Mattila M. (2000). *Ergonomic design criteria for pruning shears*. Occupational Ergonomics 2(3), p. 163–177.

111) Päivinen M., Heiinimaa T. (2003). *The effects of different hand tool blade coatings on force demands when cutting wood*. International Journal of Industrial Ergonomics 32, p. 139-146.

112) Pezzi F., Ade G., Bordini F., Giunchi A. (2009). *Evaluation of the cutting force on vine branches in winter pruning*. J. of Ag. Eng. – Riv. Di Ing. Agr. (2009), 1, p. 33-36.

113) Placci M., Cerbai M. (2011). *Modelli semplificati di analisi delle sorgenti di rischio e del sovraccarico biomeccanico nel settore artigiano: esperienze applicative nei pasticceri, pastai e pizzaioli.* Medicina del Lavoro, Vol. 102, n. 1, p. 89-100.

114) Ponticiello S., Leonori R., Borzacchi G., Rughi D., Stefani G., Raeli M., Quercia A. (2004). *Analisi ergonomica in ceramica: risultati preliminari di uno studio di validazione di diversi metodi.* Atti del 3° Seminario dei professionisti CONTARP.

115) Porceddu R., Rosati L. (2008). *Repetitive manual operations in the dairy sector: analyses and criteria for intervention*. Journal of Agricultural Engineering, Vol. XXXIX, n°1, march, p. 1-9.

116) Pressiani S. (2009). *Risultati di studi organizzativi ed espositivi nelle serre: esempio di lavorazione con compiti multipli a ciclo annuale.* Seminario EPM Milano, giugno 2009.

117) Pressiani S., Colombini D. (2010). *Risk assessment in plant nursery characterized bi several working task with annual turnover.* International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”. Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18.

118) R Development Core Team. (2009). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

119) Rapisarda V., Valentino M., Loreto C., Fenga C., Cenerelli F., Rapisarda L., Balloni S., Caruso L., Conti A., Schillaci G. (2008). *Sovraccarico biomeccanico degli arti superiori nei lavoratori agricoli delle serre: introduzione di un nuovo strumento per l'irrorazione*. Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia. Supplemento, vol. 2; p. 270-271.

120) Ricupero G., Della Pasqua M. (2007). *Confronto tra i principali metodi di valutazione del rischio professionale da sforzi ripetuti degli arti superiori*. Atti del 3° Seminario dei professionisti CONTARP.

121) Romano E., Bonsignore S., Camillieri D., Caruso L., Conti A., Schillaci G. (2010). *Evaluation of hand Forces During Manual Vine Branches Cutting*. International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”. Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18.

122) Romano E., Bonsignore R., Camillieri D., Conti A., Schillaci G. (2010). *Evaluation of hand forces during manual vine pruning*. International Conference Ragusa SHWA2010 “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”. Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 465-470.

123) Romano E., Camillieri D., Bonsignore R., Schillaci G. (2011). *Perceived stress and measured forces in vineyard pruning*. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.

124) Roquelaure Y., Malchaire J., Cock N., Martin Y., Piette A., Vergracht S., Chiron H., Leboulanger M. (2001). *Evaluation d'une methode de quantification de l’activité gestuelle au course des taches répétitives de production de masse*. Documents pour le médecin du travail, 86.

125) Roquelaure Y., Dano C., Dusolier G., Fanello S., Penneau-Fontbonne D. (2002). *Biomechanical strains on the hand–wrist system during grapevine pruning*. Int Arch Occup Environ Health 75, p. 591-595.

126) Rosecrance J., Douphrate D. (2010). *Hand and Wrist Disorders Among U.S. Poultry Processing Workers*. International Conference Ragusa SHWA2010 - September 16-18, 2010 Ragusa Ibla Campus- Italy “Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems”, p. 51-55.

127) Ruschioni A., Montesi S., Spagnuolo L., Rinaldi L., Fantozzi L. Fanti M. (2011). *L’apicoltura: studio organizzativo, identificazione generale dei rischi, prevalutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico mediante un nuovo strumento di semplice applicazione.* Medicina del Lavoro, Vol. 102, n. 1. p. 70-88.

128) Sala E., Torri D., Apostoli P. (2008). *Esperienze di applicazione della valutazione del rischio dalle Linee Guida SIMLII sul rischio biomeccanico per l'arto superiore.* G Ital Med Lav Erg 2008; 30:3, Suppl, p. 20-25.

129) Sarto D. (2008). *Il rischio da movimenti ripetitivi nelle imprese piccole e piccolissime: l'esperimento del territorio ligure.* INAIL – Direzione Regionale Liguria CONTARP. Seminario EPM Milano, giugno 2008.

130) Schillaci G., Balloni S., Bonsignore R., Camillieri D. (2011). *Influenza del fattore frequenza nella valutazione del rischio muscolo scheletrico*. Convegno di Medio Termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Belgirate, 22-24 settembre.

131) Schillaci G., Balloni S., Bonsignore R., Camillieri D., Caruso L. (2009). *Composizione e sicurezza del parco macchine dei vigneti nell'area orientale della Sicilia*. IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12-16 settembre. Napoli: doppiavoce, vol. 1, p. 1-10.

132) Schillaci G., Balloni S., Bonsignore R., Camillieri D., Romano E. (2010). *Hand forces during manual vine branches cutting.* Proceedings of the Third International Congress on Mountain Viticulture, Castiglione di Sicilia (Italy), 12/14 maggio.

133) Schillaci G., Balloni S., Bonsignore R., Camillieri D., Romano E. (2010). *Forze misurate e sforzi percepiti nel taglio dei sarmenti di vite*. III Convegno Nazionale di Viticoltura - CONAVI 2010, 5-9 luglio, IASMA, San Michele all'Adige (TN).

134) Schillaci G., Balloni S., Camillieri D., Conti A., Caruso L. (2009). *Punti critici e prevenzione nel rischio ambientale e nella sicurezza degli operatori in relazione alle operazioni di distribuzione degli agrofarmaci in serra*. IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12-16 settembre. Napoli: doppiavoce, vol. 1, p. 1-9.

135) Schillaci G., Balloni S., Caruso L., Conti A., Rapisarda V. (2009). *Health and safety aspects connected with the use of a self propelled sprayer in greenhouses*. Proceedings of the XXXIII CIOSTA - CIGR V Conference "Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-systems, forestry and safety", Reggio Calabria, 17-19 June, 2, p. 1583-1587.

136) Schillaci G., Balloni S., Caruso L., Camillieri D. (2010). *Risk due to repetitive movements in manual vineyard pruning*. Third International Congress on Mountain Viticulture, Castiglione di Sicilia (Italy), 12/14 maggio. Valle d'Aosta: Cervim, vol. 1, p. 70-75.

137) Schillaci G., Balloni S., Rapisarda V., Romano E., Bonsignore R., Camillieri D. (2009). *Valutazione del rischio da esposizione a movimenti ripetitivi degli arti superiori nella potatura manuale del vigneto*. IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12-16 settembre. Napoli: doppiavoce, vol. 1, p. 1-10.

138) Schillaci G., Bonsignore R., Camillieri D., Balloni S., Romano E. (2010). *Hand forces during manual vine branches cutting.* Third International Congress on Mountain Viticulture, Castiglione di Sicilia (Italy), 12/14 maggio. Valle d'Aosta: Cervim, vol. 1, p. 75-80.

139) Schillaci G., Bonsignore R., Camillieri D., Romano E. (2010). *Assessment of the "strain" parameter in the calculation of the biomechanical risk index as regards the upper limbs in vineyard manual pruning*. International Conference Ragusa SHWA2010 "Work Safety and Risk Prevention in Agro-food and Forest Systems". Ragusa Ibla Campus- Italy, September 16-18, p. 353-359.

140) Schillaci G., Caruso L., Balloni S., Camillieri D. (2011). *I rischi da sovraccarico biomeccanico nelle attività del vivaio orticolo*. Convegno di Medio Termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Belgirate, 22-24 settembre.

141) Schillaci G., Caruso L., Balloni S., Camillieri D., Romano E., Rapisarda V. (2011). *WRMSDs Assessment in Greenhouse Nursery*. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011.

142) Schillaci G., Caruso L., Camillieri D., Bonsignore R. (2009). *Macchine e tecniche di potatura invernale nella vite allevata a cordone speronato*. IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12-16 settembre. Napoli: doppiavoce, vol. 1, p. 1-10.

143) Schillaci G., Romano E., Balloni S., Caruso L., Camillieri D. (2009). *Prestazioni di Piattaforme Semoventi Multifunzionali ad Azionamento Elettrico nelle Operazioni Ricorrenti in Serra*. IX Convegno Nazionale AIIA. Ischia Porto, 12-16 Settembre. Napoli: doppiavoce, vol. 1, p. 1-10.

144) Seth V., Lee Weston R., Freivalds A. (1999). *Development of cumulative trauma disorder risk assessment model for the upper extremities*. Int J Ind Ergonomics 1999; 23, p. 281-91.

145) Silverstein BA., Fine LJ., Armstrong TJ. (1986). *Hand wrist cumulative trauma disorders in industry.* Brit J Indus Med 43, p. 779-784.

146) Silverstein BA., Fine LJ., Armstrong TJ. (1987). Occupational factors and carpal tunnel syndrome. Am J Ind Med 1987; 11, p. 343-358.

147) Trimarchi L. (2004). *Ergon: un software per la valutazione dell'esposizione ai rischi da movimenti e sforzi ripetuti.* Atti del 3° Seminario dei professionisti CONTARP.

148) Violante F., Santoro L. (2005). *Criteri diagnostici per la patologia muscolo scheletrica dell'arto superiore correlata al lavoro*. Giornate Romane di Medicina del Lavoro "Antonello Spinazzola" - Sezione Regionale Laziale-Abruzzese della SIMLII - Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro - Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

149) Violante F., Baracco A., Bovenzi M., Cortesi I., Draicchio F., Occhipinti E., Romano C., Mattioli S., Apostoli P. (2005). *Disturbi e patologie muscoloscheletriche dell'arto superiore correlati con il lavoro*. Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, 2005, 27:1, p. 74-77.

150) Wakula J., Beckmann T., Hett M., Landau K. (2000). *Ergonomic analysis of grapevine pruning and wine harvesting to define work and hand tools design requirements.* Occupational Ergonomics 2(3), p. 151–161.

151) Wakula J., Landau K. (2001). *Stress-strain analysis of grapevine pruning with manual prunes to define work and hand tools design requirements and reduce the risk of CTD.* Proceedings of the 33rd Annual Congress of the Nordic Ergonomics Society, Sept. 2001, Tampere, Finland. - Tampere: Univ. of Tampere, School of Public Health, p. 189-193.

152) Zampogna E. *Le scale di valutazione dei Borg.* Fondazione Salvatore Maugeri IRCCS, Servizio di Pneumologia, Centro Medico di Tradate (VA).

PRINCIPALE SITOGRAFIA

1. http://www.agri-ergonomics.eu
2. http://www.aiia.it
3. http://www.asaps.it
4. http://www.centro.ergonomia.it
5. http://www.cia.it
6. http://www.ciosta.unirc.it
7. http://www.coldiretti.it
8. http://www.confagricoltura.it
9. http://www.enama.it
10. http://www.epmresearch.org
11. http://www.eurofound.europa.eu/pubdocs
12. http://www.eurofound.europa.eu/surveys/smt/ewcs/ewcs2010
13. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained
14. http://europa.eu/agencies/community_agencies/osha
15. http://europa.eu/legislation_summaries/employment_and_social_policy
16. http://www.gimle.fsm.it
17. http://www.iea.cc
18. http://www.ilo.org
19. http://www.inail.it
20. http://www.ispesl.it/profili_di_rischio
21. http://www.istat.it
22. http://www.nas.boku.ac.at/ciosta2011
23. http://osha.europa.eu
24. http://www.osha.gov
25. http://www.politicheagricole.it
26. http://www.R-project.org.
27. http://www.ragusashwa.it
28. http://www.regione.sicilia.it/Agricolturaeforeste
29. http://www.safetywork.it
30. http://www.sicurezzaonline.it/homep/infcro/infcro2009
31. http://sito.entecra.it/portale
32. http://www.societadiergonomia.it

33. http://www.studioingplacci.it
34. http://www.unacma.it
35. http://www.unacoma.it
36. http://www.uni.com
37. http://www.unima.it
38. http://w3.uniroma1.it/medicinadellavoro
39. http://it.wikipedia.org/wiki/Ergonomia
40. http://it.wikipedia.org/wiki/Agenzia_Europea_per_la_Sicurezza_e_la_Salute_sul_Lavoro

APPENDICI

APPENDICE A - Nuova tabella delle Malattie Professionali nell'agricoltura di cui all'art. 211 del D.P.R. 1124/1965 e successive modificazioni ed integrazioni (all. n. 5 al D.P.R. 1124/1965)

APPENDICE B – TITOLO VI del Decreto Legislativo 81/08, Testo coordinato con il Decreto Legislativo del 3 agosto 2009, n. 106, "Movimentazione Manuale dei carichi".

APPENDICE C – Allegato XXXIII del Decreto Legislativo 81/08, Testo coordinato con il Decreto Legislativo del 3 agosto 2009, n. 106, "Movimentazione Manuale dei carichi".

APPENDICE D – Elenco non esaustivo dei lavoratori maggiormente esposti a sovraccarico biomeccanico degli arti superiori dovuto a movimenti ripetitivi (INAIL Rapporto Annuale 2000).

Nuova tabella delle Malattie Professionali nell'agricoltura di cui all'art. 211 del D.P.R. 1124/1965 e successive modificazioni ed integrazioni (all. n. 5 al D.P.R. 1124/1965)

MALATTIE (ICD-10)	LAVORAZIONI	Periodo massimo di indennizzabilità dalla cessazione della lavorazione
1) MALATTIE DA ARSENICO E COMPOSTI:		
a) CARCINOMA DEL POLMONE (C34)	Lavorazioni che espongono ad arsenico e composti.	Illimitato
b) EPITELIOMI CUTANEI (C44)		Illimitato
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE AD ARSENICO E COMPOSTI (ICD-10 DA SPECIFICARE)		3 anni. Illimitato in caso di malattie neoplastiche
2) MALATTIE CAUSATE DA COMPOSTI INORGANICI DEL FOSFORO:		
a) EPATOPATIA TOSSICA (K71)	Lavorazioni che espongono all'azione dei composti inorganici del fosforo.	3 anni
b) DERMATITE IRRITATIVA DA CONTATTO (L24)		6 mesi
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A COMPOSTI INORGANICI DEL FOSFORO (ICD-10 DA SPECIFICARE)		3 anni
3) MALATTIE CAUSATE DA COMPOSTI ORGANICI DEL FOSFORO:		
a) POLINEUROPATIA (G62.2)	Lavorazioni che espongono all'azione dei composti organici del fosforo.	3 anni
b) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23)		6 mesi
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A COMPOSTI ORGANICI DEL FOSFORO (ICD-10 DA SPECIFICARE)		3 anni
4) MALATTIE CAUSATE DA DERIVATI ALOGENATI DEGLI IDROCARBURI ALIFATICI:		
a) ENCEFALOPATIA TOSSICA (G92)	Lavorazioni che espongono all'azione dei derivati alogenati degli idrocarburi alifatici.	3 anni
b) DERMATITE IRRITATIVA DA CONTATTO (L24)		6 mesi
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A DERIVATI ALOGENATI DEGLI IDROCARBURI ALIFATICI(ICD-10 DA SPECIFICARE)		3 anni

5) MALATTIE CAUSATE DA DERIVATI DEL BENZENE ED OMOLOGHI:		
a) ENCEFALOPATIA TOSSICA (G92)	Lavorazioni che espongono all'azione dei derivati del benzene ed omologhi.	3 anni
b) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23)		6 mesi
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A DERIVATI DEL BENZENE ED OMOLOGHI (ICD-10 DA SPECIFICARE)		3 anni
6) MALATTIE CAUSATE DA COMPOSTI DEL RAME:		
a) PNEUMOPATIA GRANULOMATOSA (I70)	Lavorazioni che espongono all'azione di composti del rame.	3 anni
b) EPATOPATIA GRANULOMATOSA (K 71.8)		3 anni
c) DERMATITE IRRITATIVA DA CONTATTO (L24)		6 mesi
d) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23)		6 mesi
e) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A COMPOSTI DEL RAME (ICD-10 DA SPECIFICARE)		3 anni
7) MALATTIE CAUSATE DA DERIVATI DELL'ACIDO CARBAMMICO E TIOCARBAMMICO:		
a) SINDROME PARKINSONIANA (G21)	Lavorazioni che espongono all'azione del etilenbisditiocarbammato di manganese.	10 anni
b) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23)	Lavorazioni che espongono all'azione dei derivati dell'acido carbammico e tiocarbammico.	6 mesi
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE ALL'ACIDO CARBAMMICO E TIOCARBAMMICO (ICD -10 DA SPECIFICARE)		3 anni
8) MALATTIE CAUSATE DA COMPOSTI ORGANICI DELLO STAGNO:		
a) ENCEFALOPATIA TOSSICA (G92)		3 anni
b) EPATOPATIA GRANULOMATOSA (K 71.8)		3 anni
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A COMPOSTI ORGANICI DELLO STAGNO (ICD-10 DA SPECIFICARE)	Lavorazioni che espongono all'azione dei composti organici dello stagno.	3 anni

9) MALATTIE CAUSATE DA DERIVATI DELL'ACIDO FTALICO E FTALIMIDE:		
a) DERMATITE IRRITATIVA DA CONTATTO (L24)		6 mesi
b) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23)		6 mesi
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A DERIVATI DELL'ACIDO FTALICO E FTALIMIDE (ICD-10 DA SPECIFICARE)	Lavorazioni che espongono all'azione dei derivati dell'acido ftalico e della ftalimide.	3 anni
10) MALATTIE CAUSATE DA DERIVATI DEL DIPIRIDILE:		
a) FIBROSI POLMONARE (J68.4)	Lavorazioni che espongono all'azione del paraquat.	3 anni
b) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23)	Lavorazioni che espongono all'azione dei derivati del dipiridile.	6 mesi
c) NEFROPATIA TOSSICA (N14.4)		3 anni
d) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A DERIVATI DEL DIPIRIDILE (ICD-10 DA SPECIFICARE)		3 anni
11) MALATTIE DA FORMALDEIDE: a) ASMA BRONCHIALE ALLERGICO (J45.0)	Lavorazioni di disinfezione in zootecnia che espongono a formaldeide.	18 mesi
b) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23)		6 mesi
12) MALATTIE CAUSATE DA ZOLFO E ANIDRIDE SOLFOROSA:		
a) BRONCOPNEUMOPATIA CRONICA OSTRUTTIVA (J44)	Lavorazioni che espongono all'azione dello zolfo e dell'anidride solforosa.	6 anni
b) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A ZOLFO E ANIDRIDE SOLFOROSA (ICD-10 DA SPECIFICARE)		3 anni
13) MALATTIE CAUSATE DA OLII MINERALI:		
a) DERMATITE FOLLICOLARE (L24.1)	Lavorazioni che espongono all'azione degli olii minerali.	6 mesi
b) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23)		6 mesi
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE AD OLII MINERALI (ICD-10 DA SPECIFICARE)		6 mesi. Illimitato in caso di malattie neoplastiche

14) DERMATITE ALLERGICA DA CONTATTO (L23) CAUSATA DA:		
a) derivati degli arilsolfoni	Lavorazioni che espongono ad arilsolfoni.	6 mesi
b) derivati delle diazine e delle triazine	Lavorazioni che espongono a diazine e triazine.	
c) composti azotati	Lavorazioni che espongono a composti azotati.	
d) cianocomposti	Lavorazioni che espongono a cianocomposti.	
e) chinoni	Lavorazioni che espongono a chinoni.	
f) additivi per mangimi: antibiotici, sulfamidici, antielmintici	Lavorazioni che espongono ad additivi per mangimi in zootecnia.	
g) conservanti, stabilizzanti ed emulsionanti per mangimi	Lavorazioni che espongono a conservanti, stabilizzanti ed emulsificanti per mangimi in zootecnia (acido etilendiaminotetracetico, potassio meta bisolfito, glicole polietilenico, altri).	
h) cera d'api, propoli	Lavorazioni di apicoltura.	
i) derivati di piante e fiori (primula, crisantemi, gerani, tulipani)	Lavorazioni di floricoltura.	
l) composti organici di origine vegetale (piretroidi, rotenone, benzoato di benzile)	Lavorazioni che espongono a piretroidi, rotenone, benzoato di benzile.	
15) DERMATITE IRRITATIVA DA CONTATTO (L24) CAUSATA DA:		
a) polisolfuro di calcio o di sodio	Lavorazioni che espongono a polisolfuro di calcio o di sodio.	6 mesi
b) derivati clorurati dell'acido benzoico	Lavorazioni che espongono a acido diclorometossibenzoico.	
c) composti azotati	Lavorazioni che espongono a composti azotati.	
16) CLORACNE (L70.8) CAUSATA DA:		
a) derivati clorurati del fenolo e omologhi	Lavorazioni che espongono a derivati clorurati del fenolo e omologhi.	1 anno
b) derivati clorurati dei composti ammidici(3,4-diclorofenilpropionamide)	Lavorazioni che espongono a derivati clorurati dei composti ammidici (3,4 - diclorofenilpropionamide).	
c) fenossi derivati	Lavorazioni che espongono a fenossi derivati.	

17) ASMA BRONCHIALE (J45.0) CAUSATO DA:		
a) Polveri di granaglie	Lavorazioni che espongono a polveri di granaglie compreso l'immagazzinamento e la molitura dei cereali.	18 mesi
b) Semi di cotone, lino, soia, ricino, girasole	Lavorazioni che espongono a semi di cotone, lino, soia, ricino, girasole compresa la raccolta e l'immagazzinamento di semi.	
c) Pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee composite (girasole)	Lavorazioni che espongono a pollini da coltivazioni di graminacee, oleacee composite comprese le coltivazioni di cereali, dell'olivo e del girasole.	
d) Spore fungine (alternaria, cladosporium, aspergilli, penicilli)	Lavorazioni che espongono a alternaria, cladosporium, aspergilli, penicilli.	
e) Acari (del pollame e delle derrate)	Allevamento di pollame. Produzione latto - casearia.	
f) Derivati dermici (forfora, peli, piume), deiezioni animali	Allevamento di animali.	
18) ALVEOLITI ALLERGICHE ESTRINSECHE CON O SENZA EVOLUZIONE FIBROTICA (J67) CAUSATE DA:		
a) Spore di actinomiceti termofili	Lavorazioni che espongono ad actinomiceti termofili.	3 anni
b) Miceti (aspergilli, penicilli, altri)	Lavorazioni che espongono a miceti.	
c) Derivati proteici (aviari, suini, bovini)	Allevamento di uccelli, volatili da cortile, suini, bovini.	
19) MALATTIE CAUSATE DA RADIAZIONI SOLARI:		
a) CHERATOSI ATTINICHE (L57.0)	Lavorazioni svolte prevalentemente all'aperto.	2 anni
b) EPITELIOMI CUTANEI DELLE SEDI FOTOESPOSTE (C44)		Illimitato
c) ALTRE MALATTIE CAUSATE DALLA ESPOSIZIONE PROFESSIONALE ALLE RADIAZIONI SOLARI (ICD-10 DA SPECIFICARE)		2 anni. Illimitato in caso. di malattie neoplastiche
20) IPOACUSIA DA RUMORE (H83.3)	Lavorazioni forestali nelle quali si impiegano, in modo non occasionale, motoseghe portatili prive di efficaci sistemi di insonorizzazione. Altre lavorazioni, svolte in modo non occasionale che comportano l'esposizione personale professionale, quotidiana o settimanale, a livelli di rumore superiori a 80 dB(A).	4 anni

21) MALATTIE CAUSATE DA VIBRAZIONI MECCANICHE TRASMESSE AL SISTEMA MANO BRACCIO:		
a) SINDROME DI RAYNAUD SECONDARIA (I73.01)	Lavorazioni svolte, in modo non occasionale, che comportano l'impiego di utensili, attrezzature, macchine ed apparecchi che trasmettono vibrazioni al sistema mano-braccio.	1 anno
b) OSTEOARTROPATIE DEL POLSO, DEL GOMITO, DELLA SPALLA (M19.2)		4 anni
c) NEUROPATIE PERIFERICHE DEL NERVO MEDIANO E ULNARE (G56.0)		4 anni
22) ERNIA DISCALE LOMBARE (M51.2)		
	Lavorazioni, svolte in modo non occasionale, con macchine che espongono a vibrazioni trasmesse al corpo intero: trattori, mietitrebbia, vendemmiatrice semovente. Lavorazioni di movimentazione manuale dei carichi svolte in modo non occasionale in assenza di ausilii efficaci.	1 anno
23) MALATTIE DA SOVRACCARICO BIOMECCANICO DEGLI ARTI SUPERIORI:		
a) TENDINITE DELLA SPALLA, DEL GOMITO, DEL POLSO, DELLA MANO (M75)	Lavorazioni, svolte in modo non occasionale, che comportano movimenti ripetuti, mantenimento di posture incongrue e impegno di forza.	1 anno
b) SINDROME DEL TUNNEL CARPALE (G56.0)		2 anni
c) ALTRE MALATTIE DA SOVRACCARICO BIOMECCANICO DEGLI ARTI SUPERIORI (ICD-10 DA SPECIFICARE)		1 anno
24) MALATTIE CUSATE DALL'ANCYLOSTOMA DUODENALIS:		
a) ANCHILOSTOMIASI (B76.0)	Raccolta del riso, della canna da zucchero.	3 anni

TITOLO VI
MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI

CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

Art. 167.
(Campo di applicazione)

1. Le norme del presente titolo si applicano alle attività lavorative di movimentazione manuale dei carichi che comportano per i lavoratori rischi di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari.

2. Ai fini del presente titolo, s'intendono:

a) movimentazione manuale dei carichi: le operazioni di trasporto o di sostegno di un carico ad opera di uno o più lavoratori, comprese le azioni del sollevare, deporre, spingere, tirare, portare o spostare un carico, che, per le loro caratteristiche o in conseguenza delle condizioni ergonomiche sfavorevoli, comportano rischi di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari;

b) patologie da sovraccarico biomeccanico: patologie delle strutture osteoarticolari, muscolo-tendinee e nervovascolari.

Art. 168.
(Obblighi del datore di lavoro)

1. Il datore di lavoro adotta le misure organizzative necessarie e ricorre ai mezzi appropriati, in particolare attrezzature meccaniche, per evitare la necessità di una movimentazione manuale dei carichi da parte dei lavoratori.

2. Qualora non sia possibile evitare la movimentazione manuale dei carichi ad opera dei lavoratori, il datore di lavoro adotta le misure organizzative necessarie, ricorre ai mezzi appropriati e fornisce ai lavoratori stessi i mezzi adeguati, allo scopo di ridurre il rischio che comporta la movimentazione manuale di detti carichi, tenendo conto dell'allegato XXXIII, ed in particolare:

a) organizza i posti di lavoro in modo che detta movimentazione assicuri condizioni di sicurezza e salute;

b) valuta, se possibile anche in fase di progettazione, le condizioni di sicurezza e di salute connesse al lavoro in questione tenendo conto dell'allegato XXXIII;

c) evita o riduce i rischi, particolarmente di patologie dorso-lombari, adottando le misure adeguate, tenendo conto in particolare dei fattori individuali di rischio, delle caratteristiche dell'ambiente di lavoro e delle esigenze che tale attività comporta, in base all'allegato XXXIII;
d) sottopone i lavoratori alla sorveglianza sanitaria di cui all'articolo 41, sulla base della valutazione del rischio e dei fattori individuali di rischio di cui all'allegato XXXIII.
3. Le norme tecniche costituiscono criteri di riferimento per le finalità del presente articolo e dell'allegato XXXIII, ove applicabili. Negli altri casi si può fare riferimento alle buone prassi e alle linee guida.

Art. 169.

(Informazione, formazione e addestramento)

1. Tenendo conto dell'allegato XXXIII, il datore di lavoro:
a) fornisce ai lavoratori le informazioni adeguate relativamente al peso ed alle altre caratteristiche del carico movimentato;
b) assicura ad essi la formazione adeguata in relazione ai rischi lavorativi ed alle modalità di corretta esecuzione delle attività.
2. Il datore di lavoro fornisce ai lavoratori l'addestramento adeguato in merito alle corrette manovre e procedure da adottare nella movimentazione manuale dei carichi.

CAPO II - SANZIONI

Art. 170.

(Sanzioni a carico del datore di lavoro e del dirigente)

1. Il datore di lavoro ed il dirigente sono puniti:
a) con l'arresto da tre a sei mesi o con l'ammenda da 2.500 fino a 6.400 euro per la violazione dell'articolo 168, commi 1 e 2.
b) con l'arresto da due a quattro mesi o con l'ammenda da 750 a 4.000 euro per la violazione dell'articolo 169, comma 1.

Art. 171.

(Sanzioni a carico del preposto) (articolo abrogato)

ALLEGATO XXXIII

MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI

La prevenzione del rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari, connesse alle attività lavorative di movimentazione manuale dei carichi dovrà considerare, in modo integrato, il complesso degli elementi di riferimento e dei fattori individuali di rischio riportati nel presente allegato.

ELEMENTI DI RIFERIMENTO

1. CARATTERISTICHE DEL CARICO

La movimentazione manuale di un carico può costituire un rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari nei seguenti casi:

- il carico è troppo pesante;
- è ingombrante o difficile da afferrare;
- è in equilibrio instabile o il suo contenuto rischia di spostarsi;
- è collocato in una posizione tale per cui deve essere tenuto o maneggiato a una certa distanza dal tronco o con una torsione o inclinazione del tronco;
- può, a motivo della struttura esterna e/o della consistenza, comportare lesioni per il lavoratore, in particolare in caso di urto.

2. SFORZO FISICO RICHIESTO

Lo sforzo fisico può presentare rischi di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari nei seguenti casi:

- è eccessivo;
- può essere effettuato soltanto con un movimento di torsione del tronco;
- può comportare un movimento brusco del carico;
- è compiuto col corpo in posizione instabile.

3. CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE DI LAVORO

Le caratteristiche dell'ambiente di lavoro possono aumentare le possibilità di rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari nei seguenti casi:

- lo spazio libero, in particolare verticale, è insufficiente per lo svolgimento dell'attività richiesta;
- il pavimento è ineguale, quindi presenta rischi di inciampo o è scivoloso il posto o l'ambiente di lavoro non consentono al lavoratore la movimentazione manuale di carichi a un'altezza di sicurezza o in buona posizione;
- il pavimento o il piano di lavoro presenta dislivelli che implicano la manipolazione del carico a livelli diversi;
- il pavimento o il punto di appoggio sono instabili;
- la temperatura, l'umidità o la ventilazione sono inadeguate.

4. ESIGENZE CONNESSE ALL'ATTIVITA'

L'attività può comportare un rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico, in particolare dorso-lombari se comporta una o più delle seguenti esigenze:

- sforzi fisici che sollecitano in particolare la colonna vertebrale, troppo frequenti o troppo prolungati;
- pause e periodi di recupero fisiologico insufficienti;
- distanze troppo grandi di sollevamento, di abbassamento o di trasporto;
- un ritmo imposto da un processo che non può essere modulato dal lavoratore.

FATTORI INDIVIDUALI DI RISCHIO

Fatto salvo quanto previsto dalla normativa vigente in tema di tutela e sostegno della maternità e di protezione dei giovani sul lavoro, il lavoratore può correre un rischio nei seguenti casi:

- inidoneità fisica a svolgere il compito in questione tenuto altresì conto delle differenze di genere e di età;
- indumenti, calzature o altri effetti personali inadeguati portati dal lavoratore;
- insufficienza o inadeguatezza delle conoscenze o della formazione o dell'addestramento.

RIFERIMENTI A NORME TECNICHE

Le norme tecniche della serie ISO 11228 (parti 1-2-3) relative alle attività di movimentazione manuale (sollevamento, trasporto, traino, spinta, movimentazione di carichi leggeri ad alta frequenza) sono da considerarsi tra quelle previste all'articolo 168, comma 3.

Principali lavorazioni da ritenersi a rischio di sovraccarico biomeccanico

INAIL Rapporto Annuale 2000

Montaggio, assemblaggio, microassemblaggio, cablaggio su linea a ritmi prefissati e/o elevati nell'industria metalmeccanica, elettromeccanica, ecc., con o senza l'utilizzo di strumenti manuali, elettrici, pneumatici, ecc.
Approvvigionamento e/o scarico linea macchina (torni, frese, presse) a ritmi prefissati e/o elevati.
Confezionamento, imballaggio su linea a ritmi prefissati e/o elevati.
Operazioni di cernita/selezione a ritmi prefissati e/o elevati (es. industria della ceramica e alimentare).
Levigatura manuale e/o con levigatrice orbitale nella lavorazione del legno, autocarrozzeria, ecc.
Lavorazione della plastica (operazioni di rifilatura e sbavatura).
Lavori di tappezzeria e rivestimenti in ambito industriale e artigianale.
Industria tessile (filatura, orditura).
Industria dell'abbigliamento, camicerie, maglierie, jeanserie, calzifici, ecc. (taglio, cucitura a macchina o a mano, orlatura e altre rifiniture, stirature a mano o con presse).
Industria calzaturiera e pelletteria (taglio, montaggio, cucitura, incollaggio ecc. a ritmi prefissati e/o elevati).
Lavori in edilizia (posatori di pavimenti e rivestimenti, imbianchini, stuccatori) quando svolti con continuità per buona parte del turno lavorativo.
Lavori del marmo, di pietre, del legno, di metalli (incisione, taglio, scultura,ecc.)
Lavorazione delle carni (pollame, suini): macellazione, insaccamento a ritmi prefissati e elevati.
Movimentazione dei carichi per facchinaggio, magazzinaggio, alcuni reparti nosocomiali.
Conduzione mezzi meccanici movimento terra, trattorista, gruista, carrellista.
Alcuni lavori agricoli (potatura, tosatura, ecc.) eseguiti con continuità.

Questo studio esiste grazie alla guida del Chiar.mo Prof. Giampaolo Schillaci a cui esprimo la più sincera gratitudine per i preziosi insegnamenti e le numerose ore dedicatemi durante questi anni.

Si esprime riconoscenza a tutto il gruppo di lavoro della Sezione Meccanica del Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agroalimentari e Ambientali per l'attenzione sempre dimostratami e per la collaborazione sempre pronta.

Ringrazio il gruppo di lavoro del CRA-ING di Treviglio per l'ospitalità riservatemi durante lo svolgimento delle prove e il supporto determinante che hanno offerto per la realizzazione della cesoia sensorizzata.

Un ringraziamento particolare va al Dott. Elio Romano (CRA-ING Treviglio) per le idee e per aver effettuato alcune analisi statistiche e proficuamente orientato l'esecuzione di altre.

Si desidera inoltre ringraziare l'Unità di ricerca EPM di Milano, in particolare la Dott.ssa Daniela Colombini e il Dott. Enrico Occhipinti, per la importante possibilità di formazione e collaborazione offertami.